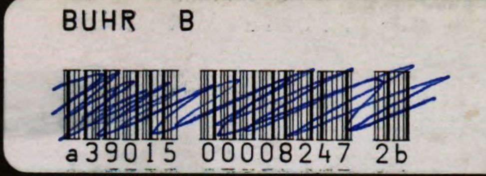
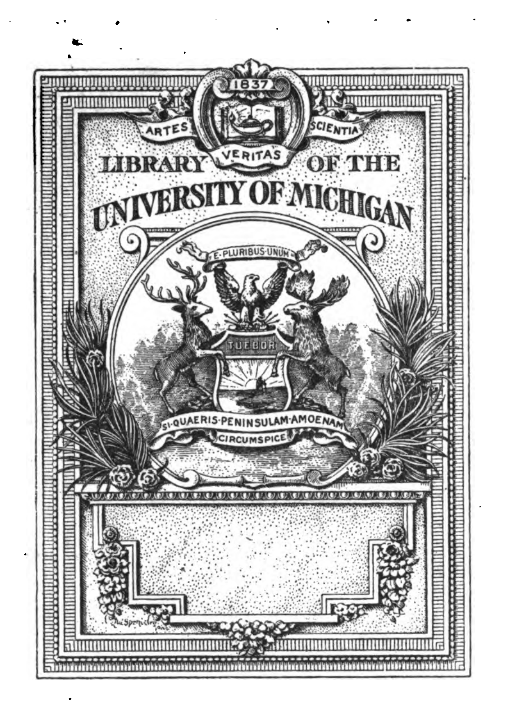

NATURAL
SCIENCE
QK
565
.S36


BUHR B
a39015 00008247 2b


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



Die

Chromatophoren der Algen.

Vergleichende Untersuchungen über Bau und Entwicklung der Chlorophyllkörper und der analogen Farbstoffkörper der Algen

von

Friedrich Karl Johann
Fr. Schmitz.

Mit einer Tafel.

Bonn

Verlag von Max Cohen & Sohn (Fr. Cohen)

1882.

Separat-Abdruck aus den Verhandlungen des naturhistorischen
Vereins der preussischen Rheinlande und Westfalens.
40. Jahrgang. 1883.

Inhaltsübersicht.

gen den bisherigen Ansichten gegenüber zu abweichenden Ergebnissen führten, etwas eingehender behandelt sind als andere, dürfte kaum einer besonderen Erklärung bedürfen.

Die einzelnen Angaben dieser Darstellung beruhen fast sämmtlich auf eigener Untersuchung der lebenden Algen. Nur bei einigen wenigen der namentlich aufgeführten Formen, die ich mir bisher noch nicht habe lebend verschaffen können, habe ich mich auf die vorhandenen Angaben der Litteratur gestützt und habe dabei in jedem einzelnen Falle meinen Gewährsmann ausdrücklich genannt. Jedoch hielt ich es nicht für nothwendig, meine sämmtlichen eigenen Beobachtungen im Einzelnen ausführlich zu schildern, da dies den Umfang der Darstellung weit über Gebühr ausgedehnt haben würde. Ohnedies dürfte meines Erachtens eine genauere morphologische Schilderung der Farbstoffkörper der einzelnen Algenarten zweckmässiger der speciellen Bearbeitung der einzelnen Algen überlassen bleiben, wie solche Bearbeitungen ja für die Conjugaten und Bacillariaceen in den Abhandlungen von de Bary und Pfitzer bereits vorliegen.

I.

Die Gesammtmenge der Algen theilt man heutigen Tages nach dem Vorgange von de Bary[1]) in Cyanophyceen oder Phycochromaceen, Chlorophyceen, Phaeophyceen (oder Melanophyceen) und Rhodophyceen (oder Florideen). Von diesen vier Gruppen der Algen seien im Folgenden die Cyanophyceen, die am besten mit den Schizomyceten zu einer besonderen Abtheilung der Thallophyten vereinigt werden, ausgeschlossen. Die übrigen Algen zerfallen dann in die drei grossen Gruppen der Chlorophyceen oder grünen Algen, Phaeophyceen oder braunen Algen und Rhodophyceen oder rothen Algen; Gruppen, die zwar keineswegs auf die Färbung der einzelnen Formen allein sich gründen, wohl aber in dieser Färbung ein praktisch sehr bequemes, jedoch

---

1) De Bary in Botanische Zeitung 1881. p. 3 ff.

durchaus nicht untrügliches Erkennungsmerkmal besitzen (so gehören z. B. die rothen *Porphyridium*-Arten zu den Chlorophyceen, die rothen oder braunen Bangiaceen [1]) zu den Chlorophyceen, die braunen *Nemalion*-Arten zu den Rhodophyceen, die braunen Bacillariaceen [2]) zu den Chlorophyceen, die häufig entschieden grünen *Batrachospermum*- und *Chantransia*-Arten zu den Rhodophyceen u. s. w.).

---

1) Der heutigen Tages üblichen Vereinigung der Bangiaceen mit den Rhodophyceen vermag ich meinerseits nicht beizustimmen. Die Uebereinstimmung beider Gruppen in der Ausbildung der Geschlechtsorgane und in der Form der geschlechtlichen Befruchtung ist keineswegs eine so vollständige, dass dadurch eine Vereinigung beider Gruppen geboten würde. Andererseits aber weichen die Bangiaceen in mehreren Punkten des vegetativen Thallus-Aufbaues wesentlich von den Florideen ab (den vegetativen Zellen der Bangiaceen fehlen die charakteristischen Tüpfel der Florideen gänzlich; bei den Bangiaceen erfolgt beim Aufbau des Thallus reichlich intercalare Quertheilung der Gliederzellen, bei den Florideen niemals; u. a. m.), sodass daneben die (noch dazu keineswegs constante) Uebereinstimmung in der Färbung der Farbstoffkörper nicht in Betracht kommen kann. Dagegen scheint mir der ganze morphologische Aufbau und die Entwicklung der Bangiaceen sehr zahlreiche Anklänge an diejenige Chlorophyceen-Gruppe, welche die Gattungen *Prasiola*, *Schizomeris*, *Schizogonium*, *Porphyridium* und einige Arten von *Palmogloea* umfasst, darzubieten. Zudem findet sich auch, wie mir Herr Bornet in Paris mittheilte, *Bangia* selbst zuweilen rein chlorophyllgrün gefärbt. Ich halte es deshalb für zweckmässiger, die Bangiaceen von den Florideen zu trennen und dieselben (vielleicht unter Hinzufügung von *Porphyridium*) neben jener Gruppe chlorophyllgrüner Formen der Abtheilung der Chlorophyceen einzureihen.

2) Man pflegt zur Zeit (vgl. z. B. Falkenberg in Schenk, Handbuch der Botanik. II. p. 170) die Bacillariaceen meist als besondere Abtheilung der Algen neben die Rhodophyceen, Phaeophyceen und Chlorophyceen zu stellen. Ich finde jedoch die Anklänge, welche diese Organismen nicht nur in der Form der geschlechtlichen Fortpflanzung, sondern auch im Bau der Zelle und in der Struktur der Zellmembran an die grünen Algen (Desmidieen und Conjugaten, *Microspora* u. s. w.) darbieten, so zahlreich, dass ich dieser selbständigen Abtrennung der Bacillariaceen nicht zuzustimmen vermag. Ich glaube vielmehr, dieselben dem Formenkreise der Chlorophyceen, der ja ohnedies schon recht mannigfaltige Gestaltungsformen in sich vereinigt, einreihen zu müssen.

Die Färbung aller dieser Algen wird bedingt durch eigenthümliche Organe des Protoplasmas, die in verschiedenen Farbentönen von grün, roth oder braun gefärbt sind und je nach dieser Färbung als Chlorophyllkörper, Erythrophyllkörper u. s. w. oder kurzweg als Endochromkörper bezeichnet zu werden pflegen. Alle diese Farbstoffkörper sind einander morphologisch durchaus analog und unterscheiden sich eigentlich nur durch die abweichende Färbung. Es dürfte daher zweckmässig sein, dieselben sämmtlich mit einem gemeinsamen Namen zusammenzufassen und als Chromatophoren [1]) zu bezeichnen. Die einzelnen, verschieden gefärbten Chromatophoren lassen sich dann leicht in entsprechender Weise als Chlorophoren [2]), Erythrophoren, Phäophoren oder Melanophoren, u. s. w. unterscheiden, je nachdem dieselben durch Chlorophyll, Erythrophyll oder einen anderen Farbstoff gefärbt sind. —

Die sämmtlichen Algen stimmen nun zunächst darin unter einander überein, dass sie stets ge-

---

1) Unter diesem Namen fasse ich zugleich auch eine Anzahl anderer analoger Organe des Protoplasmas, welche den Algen fehlen, zusammen. Dahin gehören vor Allem die verschiedenartigen Farbstoffkörper der Blüthen und Früchte der Phanerogamen, die „nicht assimilirenden Chlorophyllkörner" Dehneke's (Inaugur.-Dissert. Bonn. 1880), die „Stärkebildner" Schimper's (Bot. Zeitung 1880. p. 886.) u. a. ähnliche Bildungen. Der Ausdruck „Chromatophoren" soll darnach dieselben Zellbestandtheile umfassen, die Van Tieghem jüngst (Traité de botanique p. 486 ff.) als „leucites actifs" vereinigt hat, während ich seine „leucites de réserve", die Aleuronkörner, auf Grund eigener Untersuchungen als ganz heterogene Dinge von dieser Zusammenstellung ausschliesse, sodass meine Bezeichnung Chromatophoren keineswegs identisch ist mit Van Tieghem's Leuciten.

2) Der Ausdruck „Chlorophoren" ist bereits auch von anderer Seite gebraucht worden. So findet sich derselbe in dem Referat (Bot. Centralblatt 1880. I. p. 457) über Schaarschmidt's Aufsatz „Ueber die Theilung des Chlorophylls" für grüne „Chlorophyllkörner" verwendet. Ebenso hat Zopf in einer jüngst veröffentlichten vorläufigen Mittheilung (Botanisches Centralblatt 1882. [Bd. X.] Nr. 14.) den Ausdruck „Chlorophoren" für die Farbstoffkörper einer Alge, die er zu den Phycochromaceen stellt, gebraucht, ohne jedoch die Bedeutung des Ausdrucks genauer zu begrenzen.

formte Chromatophoren besitzen. Sämmtliche Algen besitzen in den Zellen ihres Thallus bestimmt abgegrenzte und bestimmt gestaltete Organe, welche von dem charakteristischen Farbstoff (Chlorophyll, Erythrophyll u. s. w.) durchtränkt sind. Dieser Farbstoff ist niemals gleichmässig im Protoplasma der betreffenden Algenzellen vertheilt.

Dieser Satz steht mit der herrschenden Auffassung in direktem Widerspruch. Man schreibt zur Zeit einer grossen Menge grüner Algen ein gleichmässig grün gefärbtes Protoplasma [1]), sog. „formloses Chlorophyll", zu. In diesem gleichmässig grün gefärbten Protoplasma sollen dann bald geformte Chromatophoren eingelagert sein[2]), bald vollständig fehlen. Allein auf Grund ausgedehnter Untersuchungen der grünen Algen sowohl des süssen Wassers, als auch des Meeres muss ich diese Angabe bestreiten. Ich habe bei sämmtlichen grünen Algen, die ich bisher untersuchen konnte — und die Anzahl derselben ist eine recht ansehnliche —, stets geformte Chlorophoren, niemals sog. „ungeformtes Chlorophyll" angetroffen. Allerdings sind oft, namentlich in rasch wachsenden Zellen, die Chlorophoren sehr dünn und sehr schwach gefärbt, sodass ihr Randkontur nur sehr schwierig und nur mit Hülfe sehr starker und scharfer Vergrösserungen deutlich zu erkennen ist; oder es sind die Zellen so sehr mit Stärkekörnern, Oel- und Fetttröpfchen, Schleimkugeln u. s. w. vollgefropft, dass die

---

1) So beschreibt, um ältere floristische Werke zu übergehen, noch neuerdings die Algenflora von Schlesien von O. Kirchner (1878) zahlreiche Gattungen grüner Algen mit „völlig grünem Inhalt" oder „chlorophyllgrünem Inhalt" der Zellen. In gleicher Weise aber wird auch noch in der neuesten Zeit in entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen grüner Algen von „grünem Zellinhalt" oder „grünem Protoplasma" der betreffenden Algenzellen geredet, so z. B. bei Reinke, Zwei parasitische Algen (Botanische Zeitung 1879. p. 477); Klebs, Beitr. z. Kenntn. niederer Algenformen (Bot. Zeit. 1881. p. 249 ff.); Just, *Phyllosiphon Arisari* (Bot. Zeit. 1880. p. 1 ff.).

2) In ähnlicher Weise schildert Reinke (Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. XI. p. 535) die Zellen von *Monostroma bullosum* Thur. folgendermaassen: „Der Inhalt ist durchweg grün gefärbt; allein ausser einem grossen central gelegenen Amylonkern ist der wandständige Theil des Protoplasma verdichtet und (auf dem optischen Querschnitt) in etwa 12 bis 16 Portionen gesondert."

Konturen der Chlorophoren dadurch vollständig verdeckt und unkenntlich werden (was namentlich in langsam vegetirenden und ruhenden Zellen der Fall zu sein pflegt). Allein bei genauerer Prüfung habe ich bisher noch in allen Fällen, trotz aller entgegenstehenden Angaben der Litteratur, in den Zellen der grünen Algen wohl abgegrenzte und bestimmt gestaltete Chlorophoren innerhalb eines farblosen Protoplasmas nachzuweisen vermocht. Die Anzahl dieser untersuchten Fälle aber ist so gross, dass ich kein Bedenken trage, diese Beobachtung zu verallgemeinern und auch auf diejenigen Chlorophyceen auszudehnen, die ich mir bisher noch nicht habe lebend verschaffen können[1]).

Einer besonderen Erwähnung bedürfen hier jedoch einige Gattungen der Chlorophyceen, denen man gewöhnlich einen vollständig oder theilweise roth gefärbten „Zellinhalt" zuzuschreiben pflegt. Ein solcher „Zellinhalt" findet

---

1) In einem besonderen Aufsatze (Botanische Zeitung 1882. p. 523 ff.) habe ich bereits den Nachweis geführt, dass bei *Phyllosiphon Arisari* entgegen den früheren Angaben in der That geformte Chlorophoren, nicht formloses Chlorophyll vorhanden ist. Ich habe daselbst (p. 579) bereits darauf hingewiesen, dass ich bei zahlreichen Gattungen grüner Algen, denen man „grünen Zellinhalt" zuschreibt (*Pleurococcus*, *Protococcus*, *Stichococcus*, *Palmella*, *Palmophyllum*, *Gloeocystis*, *Oocystis*, *Schizochlamys*, *Tetraspora*, *Monostroma*, *Botrydina*, *Ophiocytium*, *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Codiolum*, *Chlamydomonas*, *Gonium*, *Eudorina*, *Gongrosira*), bei genauerer Prüfung stets nur geformte Chlorophoren aufzufinden vermochte. — Der Zahl dieser Gattungen füge ich hier noch *Prasiola*, *Schizogonium*, *Hormospora* und *Botryococcus* hinzu. Nur wenige seltenere Süsswasserformen habe ich mir bisher noch nicht lebend zu verschaffen vermocht.

Dies letztere gilt speciell von mehreren, erst jüngst beschriebenen Algen, namentlich von *Scotinosphaera* und *Phyllobium* Klebs. Allein die eigene Darstellung des Autors der letztgenannten Gattungen und die beigefügten Abbildungen zeigen mir so zahlreiche Anklänge an andere grüne Algen, bei denen ich die Chlorophoren sicher constatiren konnte (z. B. ersieht man aus den Abbildungen deutlich, dass die Zoosporen beider Algen Chlorophoren im Inneren eines farblosen Protoplasmas besitzen), dass ich gar nicht daran zweifle, auch diese Algen würden bei einer genaueren Untersuchung der Gesammtmenge der übrigen grünen Algen in ihrem Verhalten sich anschliessen.

sich typisch bei den Gattungen *Chroolepus*[1]) und *Haematococcus* und bei einzelnen Arten anderer Gattungen (z. B. *Pleurococcus miniatus* und *Palmella miniata* nach Naegeli[2]). Dieser mehr oder minder vollständig roth gefärbte Zellinhalt aber kommt hier überall dadurch zu Stande, dass kleine rothe Schleimkugeln, für welche Cohn[3]) den Namen „Hämatochrom" vorgeschlagen hat, in mehr oder minder grosser Menge im Protoplasma der Zellen sich anhäufen und die grüngefärbten Chromatophoren theilweise oder vollständig verdecken und unsichtbar machen. Solche geformten Chlorophoren aber sind sowohl bei *Chroolepus*, als auch bei *Haematococcus* stets zwischen den rothen Schleimkugeln des Zellinhaltes vorhanden und lassen sich leicht nachweisen, wenn man diese Algen unter günstigen Bedingungen kultivirt und dadurch den grösseren Theil der Schleimkugeln zum Verschwinden bringt. Dann treten bei *Chroolepus* wohl abgegrenzte, kleine, scheibenförmige Chlorophoren in Mehrzahl in wandständiger Schicht deutlich hervor, bei *Haematococcus* dagegen wird in peripherischer Stellung ein

---

1) Der Gattung *Chroolepus* schliesst sich den Angaben und Abbildungen Cunningham's (Transactions of the Linnean Society of London. II series. vol. I. p. 301—316) zufolge die Gattung *Mycoidea* sehr nahe an. Der Inhalt der Zellen erscheint hier in derselben Weise wie bei *Chroolepus* bald (an feuchteren Standorten) lebhaft grün, bald (in trockner Umgebung) orangefarben und sehr körnig. Dazu kommt eine so grosse Uebereinstimmung von *Mycoidea parasitica* Cunningham mit *Chroolepus uncinatus* Gobi in der Ausbildung der ungeschlechtlichen Sporangien und Zoosporen, dass ich meinerseits an einer nahen Verwandtschaft beider Algenformen kaum noch zweifeln möchte, wenn auch die geschlechtliche Fortpflanzung der beiden Gattungen ziemlich erhebliche Verschiedenheiten aufweisen sollte. Aus diesen beiderlei Gründen aber möchte ich vermuthen, dass auch die Chlorophoren von *Mycoidea* analog gestaltet seien wie bei *Chroolepus*: aus Cunningham's Darstellung ist hierüber allerdings nichts sicheres zu entnehmen, wenn auch seine Fig. 16 (Taf. 42) wohl für diese Vermuthung zu sprechen scheint.

2) Naegeli, Gattungen einzelliger Algen p. 64—66.

3) Cohn, Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. III. (1867) p. 44.

4) Vgl. Gobi, Algologische Studien über *Chroolepus*. (Bull. de l'académie imp. des sciences de St. Pétersbourg. Tome XVII. 1872. p. 124 ff.).

einzelnes, hohlkugelig gekrümmtes, scheibenförmiges Chromatophor sichtbar. In beiden Fällen aber zeigen sich somit auch hier inmitten des „roth gefärbten Zellinhaltes" wohl abgegrenzte Chromatophoren [1]).

Für die Phaeophyceen ist bisher, so weit ich finden kann, noch von keiner Seite eine gleichmässige Färbung des Zellprotoplasmas behauptet worden. Ich selbst habe in der That auch ein derartiges Protoplasma bei keiner einzigen Alge dieser Gruppe beobachtet; überall fand ich die Zellen, seien es vegetative Zellen oder Sexualzellen, lebhaft vegetirende oder ruhende Zellen, mit wohl abgegrenzten Chromatophoren ausgestattet.

Dagegen sind vereinzelte Rhodophyceen mit gleichmässig gefärbtem Zellinhalt beschrieben worden [2]). Allein trotz allen Suchens habe ich bisher noch keine Floridee aufzufinden vermocht, deren Zellen anders als vermittelst bestimmt geformter Erythrophoren gefärbt gewesen wären. Allerdings ist oft die Entscheidung der Frage nicht ganz leicht. Sporen und Dauerzellen pflegen hier wie bei den Chlorophyceen und Phaeophyceen mit Fetttröpfchen und Körnern allerlei Art oft ganz vollgepfropft zu sein, sodass das „grobkörnige Plasma" gleichmässig tingirt erscheint. Allein dies letztere ist doch immer nur bei unvollständiger Untersuchung der Fall; bei genauerer Prüfung vermochte ich bisher stets die geformten Chromatophoren innerhalb des farblosen Protoplasmas nachzuweisen. Ein gleichmässig gefärbtes Protoplasma habe ich trotz ausgedehnter Untersuchungen bei Rhodophyceen bisher noch nirgends aufgefunden [3]). —

---

1) In ganz derselben Weise entstehen auch die sog. blutrothen Formen der grünen Flagellaten (z. B. *Euglena sanguinea* Ehrbg.) und der braunen Cilioflagellaten.

2) So hat z. B. Reinsch (Botanische Zeitung 1879. p. 17 ff.) eine Floridee beschrieben, die „an *Callithamnion* sich anreiht", mit Zellen, deren Inhalt „fast homogen und intensiv purpurroth gefärbt" sein soll.

3) Es bedarf hier wohl kaum des ausdrücklichen Hinweises darauf, dass nur die Untersuchung lebender Algen in der vorliegenden Frage ein sicheres Resultat ermöglicht. In absterbenden oder (durch Glycerin oder andere Reagentien) abgetödteten Algen-

Diesen ächten Algen gegenüber entbehren die Phycochromaceen, die zur Zeit noch allgemein den Algen zugezählt zu werden pflegen, der geformten Chromatophoren gänzlich. Bei diesen Thallophyten ist allgemein das ganze Protoplasma der Zellen gefärbt, und zwar bald intensiver, bald nur sehr schwach in den verschiedensten Nüancen von blaugrün, blau, orange, roth, gelb u. s. w. gefärbt, häufig in Farbentönen, die auch unter den ächten Algen gelegentlich vorkommen. Niemals finden sich besondere Chromatophoren ausgeformt [1]), ebensowenig wie in den Zellen dieser Thallophyten ein Zellkern ausgestaltet ist. Das gesammte Protoplasma der Zelle versieht vielmehr hier die Funktionen, die bei den ächten Algen den besonders aus-

---

zellen findet man leicht ein gleichmässig gefärbtes Protoplasma; namentlich ist dies der Fall in den Zellen der Rhodophyceen, deren Chromatophoren beim Absterben einen leicht löslichen rothen Farbstoff austreten lassen. Ich möchte annehmen, dass die beschriebenen Florideen mit angeblich homogenem rothem Zellinhalt zum Theil auf eine Untersuchung abgestorbenen Materiales zurückzuführen sind, zum Theil dürfte es sich wohl auch um Phycochromaceen handeln.

1) Zu oft wiederholten Malen habe ich die verschiedensten Phycochromaceen des süssen Wassers und des Meeres einer genaueren Untersuchung mittelst der stärksten Vergrösserungen (Oel-Immersionen $^1/_{12}$ bis $^1/_{18}$) unterworfen, allein niemals habe ich geformte Chromatophoren in den Zellen derselben aufzufinden vermocht, stets fand ich das Protoplasma selbst vom Farbstoff durchtränkt. Dem gegenüber hat nun jüngst Zopf in einer vorläufigen Mittheilung (Bot. Centralblatt. 1882. [Bd. X] Nro. 14) eine Phycochromacee (*Phragmonema sordidum*) beschrieben, die in ihren Zellen geformte Chromatophoren besitzen soll. Ich habe diese Alge bei Herrn Bornet in Paris gesehen, allein zu kurze Zeit, um die Struktur der Chromatophoren genauer feststellen zu können. Dagegen schien mir das ganze Aussehen der Alge und namentlich das Verhalten ihrer Membranen durchaus gegen ihre Zugehörigkeit zu den Phycochromaceen und viel mehr für ihre Verwandtschaft mit den Bangiaceen zu sprechen, worauf auch H. Bornet mich hinwies. Jedenfalls aber sehe ich zunächst noch keine Veranlassung, durch diesen sehr zweifelhaften Einzelfall mich zu einer Einschränkung des oben ausgesprochenen Satzes, der auf sehr zahlreiche Untersuchungen sich stützt, bestimmen zu lassen.

geformten Organen der Zellkerne und der Chromatophoren übertragen zu sein pflegen, zugleich mit [1]).

---

1) Wegen dieser Verschiedenheit in der Struktur der Zellen habe ich oben die Phycochromaceen den übrigen Algen gegenübergestellt und dieselben mit den analog gebauten Schizomyceten zu einer besondern Abtheilung der Thallophyten vereinigt. Man pflegt zur Zeit die Gesammtmenge der Thallophyten (mit Ausschluss der Myxomyceten) in die beiden Abtheilungen der Algen und Pilze zu zerlegen. Es erscheint mir jedoch zweckmässiger, die Gesammtmasse dieser Organismen in die drei Abtheilungen der Algen, Pilze und Schizophyten (Phycochromaceen und Schizomyceten) zu zertheilen.

Von diesen drei Abtheilungen unterscheiden sich zunächst die Pilze von den Algen durch das Fehlen der Chromatophoren, während in ihren Zellen Zellkerne wie bei den Algen vorhanden sind; die Schizophyten dagegen entbehren nicht nur der Chromatophoren, sondern auch der Zellkerne (wenigstens gelten diese Unterscheidungsmerkmale für alle bisher beschriebenen, genauer untersuchten Formen der Algen, Pilze, Phycochromaceen und Schizomyceten). In ihren morphologischen Beziehungen bieten beide, Pilze und Schizophyten, sehr viele Anklänge an die Algen dar, ja sie bilden offenbar nur hysterophytische Nebenreihen der letzteren, die infolge ihrer saprophytischen resp. parasitischen Lebensweise das eine der beiden genannten Organe des Protoplasmas verloren haben. Solche Nebenformen würden nun an sich noch keineswegs innerhalb eines natürlichen Systems zur systematischen Trennung von den Stammformen veranlassen. Allein infolge selbständiger Weiterentwicklung der abgezweigten Nebenformen haben diese vielfach grösseren, zusammenhängenden Formenkreisen den Ursprung gegeben, die aus Gründen praktischer Zweckmässigkeit selbständig zusammengefasst zu werden verdienen. Aus diesem Grunde trennt man daher die Pilze von den Algen als selbständige Gruppe ab (mag man sie nun zu einer einzigen, zusammenhängenden Reihe vereinigen oder in die beiden Abtheilungen der Phycomyceten und Mycomyceten zertheilen); aus diesem Grunde aber wird man meines Erachtens ebenso zweckmässig auch die Schizophyten von den Algen und Pilzen abzweigen müssen als eine Gruppe, die zwar vielerlei morphologische Anklänge an die Algen darbietet, allein doch in sich wohl abgegrenzt und vortrefflich abgeschlossen dasteht. Ja es erscheint mir ihre Abgrenzung noch weit schärfer, als es diejenige der Pilze ist. Denn während die letzteren mancherlei Anknüpfungspunkte an die Algen darbieten und theils durch die Phycomyceten an die Chlorophyceen, theils durch die Ascomyceten an die Florideen sich anreihen, bieten die

II.

Solche Chromatophoren finden sich nun in den Zellen der einzelnen Algen theils in Einzahl, theils in Mehrzahl; ihre Gestalt ist je nach den Gruppen und Gattungen eine mannigfaltig wechselnde. Allein sowohl ihre gesammte Gestaltung, als auch ihr Auftreten in Einzahl oder Mehrzahl innerhalb der einzelnen Zelle ist für die betreffende Algenform durchaus constant und festbestimmt.

Die einfachsten Formen solcher Chromatophoren zeigen die Gestalt kleiner flacher Scheiben theils von gerundetem, theils von unregelmässig eckigem Umriss. Solche Chromatophoren finden sich in wechselnder Grösse und Ausbildung bei den Characeen, Siphoneen (Fig. 21), Dasycladaceen, den meisten Siphonocladaceen (Fig. 15), vielen Bacillariaceen (Fig. 8) und vereinzelten Gattungen anderer Gruppen der Chlorophyceen z. B. *Microspora*, *Chroolepus*, *Oocystis* u. a., ferner bei der grossen Mehrzahl der Phaeophyceen (Dictyotaceen, Fucaceen, Cuttleriaceen, Laminarieen, Sphacelarieen, Chordarieen und vielen anderen Phaeosporeen) und sehr zahlreichen Rhodophyceen aus den verschiedensten Familien (*Nitophyllum*, *Griffithsia*, *Bornetia*, *Spermothamnion*, Arten von *Callithamnion* u. s. w., u. s. w.).

An diese einfachsten Formen reihen sich dann kleinere scheibenförmige Gestalten mit mehr oder weniger gelapptem Rande an, wie solche z. B. in sehr zierlicher Ausbildung die Gattung *Podosira* besitzt (Fig. 17); und weiterhin führen dann die mannigfaltigsten Uebergänge hin zu grösseren flachen Scheiben mit sehr verschiedenartiger Ausbildung des Randkonturs. Solche Scheiben sind bald im Umriss rundlich, bald länglich, bald mehr oder weniger bandartig in die Länge gedehnt; bald verläuft die Randlinie glatt und ununterbrochen, bald ist der Rand in der mannigfaltigsten Weise gelappt oder ausgezackt;

Schizophyten nur eine einzige Anknüpfung an die Chlorophyceen und zwar an die Formenreihe *Palmogloea*, *Schizogonium*, *Prasiola*, resp. die rothe Parallelreihe derselben *Porphyridium*, *Goniotrichum*, *Bangia*, *Erythrotrichia*, *Porphyra* dar.

die bandartigen Formen sind in der Flächenansicht bald gerade gestreckt, bald gebogen oder verschiedentlich geschlängelt und gekrümmt. Es sind ferner diese grösseren Scheiben und Bänder theils flach ausgestreckt in der Zelle befestigt[1]), theils gekrümmt und eingerollt und zwar zumeist so, dass die gekrümmte Scheibe der Krümmung der Zellwand, der sie auf der Innenseite anliegt, sich anpasst.

Für alle diese Gestaltungen finden sich zahlreiche Beispiele in den verschiedensten Gruppen der Algen, und würde es viel zu weit führen, dieselben hier im Einzelnen aufzuzählen. Nur wenige Einzelheiten seien hier besonders hervorgehoben.

So findet sich eine einzelne grössere Platte flach durch den Hohlraum der Zelle ausgespannt bei *Nitzschia*, *Mesotaenium*, *Mesocarpus* (Fig. 3) u. s. w. — Unter den grünen Algen ausserordentlich verbreitet ist die Ausbildung einer einzelnen, ganzrandigen oder mannigfaltig gelappten Platte, welche einer Seite der Zellwandung anliegt und dieser entsprechend sich krümmt, während ihr Rand mehr oder weniger auf die angrenzenden Seitenwandungen der Zelle hinüberreicht. Solche Platten sind z. B. der Aussenwandung der Zelle angelagert bei den Gattungen *Ulva*, *Enteromorpha*, *Monostroma*, *Coleochaete*, ferner der Oberseite der cylindrischen Zellen in den kriechenden Zellfäden von *Aphanochaete* u. a. m.; sie finden sich einseitig angelagert der Seitenwand der cylindrischen Zellen mancher Arten von *Ulothrix*, während sie bei anderen Arten derselben Gattung, z. B. bei *U. zonata*, mit ihrem Rande fast die ganze

---

1) Zuweilen auch zeigt die flache Chromatophorenscheibe in ihrem mittleren Theile lokale Einbiegungen von verschiedener Gestalt, z. B. bei *Surirella dentata* (Pfitzer, Bau und Entwicklung der Bacillariaceen. Taf. 5. Fig. 2) in Einzahl von länglichem Umriss, bei *Nitophyllum Gmelini* in Einzahl oder Mehrzahl von rundlichem Umriss, sodass dadurch dellenartige flache Ausbuchtungen entstehen. Diese Ausbuchtungen sind dabei nicht selten durch einzelne (*Nitophyllum*) oder mehrere (*Surirella*) lappenförmige Fortsätze, welche vom Rande derselben entspringen und in der Ebene der Chromatophorenscheibe über dieselben sich ausbreiten, überdeckt und mehr oder weniger vollständig abgeschlossen.

Seitenwand der cylindrischen Zelle umgreifen und fast zu einem vollständigen Ringe zusammenschliessen; sie finden sich endlich, theils vollständig zu einem wandständigen Ringe geschlossen, theils mit unregelmässiger Verschränkung der mannigfaltig gelappten Ränder, bald als zusammenhängende Scheiben, bald in verschiedenartigster Weise gitterförmig durchbrochen, in den Zellen der Algen aus den Gattungen *Draparnaldia* (Fig. 13), *Chaetophora*, *Stigeoclonium*, *Gongrosira*, *Ochlochaete*, *Oedogonium* (Fig. 5 und 6), *Pediastrum* und zahlreichen anderen. — Seltener findet sich eine einzelne, schmal bandförmig gestaltete Scheibe in spiraliger Drehung der cylindrischen Seitenwand der Zelle angelagert wie bei *Spirotaenia* und vielen Arten von *Spirogyra* (Fig. 4). Oder es finden sich an Stelle einer einzelnen derartigen Platte mehrere bandförmig oder ringförmig geformte Scheiben in den Zellen von *Sphaeroplea*, *Urospora* (Fig 18), Arten von *Spirogyra* u. a. m. — Sehr vielfach treten endlich grössere platten- oder scheibenförmige Chromatophoren in Einzahl oder Mehrzahl und in recht mannigfaltiger Ausbildung bei den Bacillariaceen [1]) auf, namentlich in den Gruppen der Naviculeen, Cymbelleen, Gomphonemeen u. s. w. Und ebenso sind solche plattenförmigen Chromatophoren vielfach unter den Chrysomonaden (die allerdings von den meisten Autoren zu den Flagellaten gerechnet werden [2])), verbreitet.

---

1) Vgl. Pfitzer, Untersuchungen über Bau und Entwicklung der Bacillariaceen in Hanstein, Botanische Abhandlungen I. Heft 2. Bonn 1871.

2) Von diesen Flagellaten ist bisher nur einer einzigen Species, die der *Chrysomonas ochracea* Stein (Infusionsthiere III. Taf. 14. III) sehr nahe steht, wenn nicht damit identisch ist, unter dem Namen *Chromophyton Rosanoffii* Woronin (Bot. Zeitung 1880. p. 625 ff.) das Bürgerrecht unter den Algen zuerkannt worden. Die übrigen überlässt man botanischerseits den Zoologen, die sie den Flagellaten zuzählen (vgl. z. B. Stein, der Organismus der Infusionsthiere. III). Allein mit demselben Rechte, mit welchem die Volvocaceen und Chlamydomonaden (*Chlamydomonadina*, *Volvocina* und *Hydromorina* Stein) unter die Algen aufgenommen werden, müssen nicht nur die grünen Euglenen (*Euglenida* und *Chloropeltidea*

Verhältnissmässig seltener als bei den Chlorophyceen sind grössere scheibenförmige Chromatophoren dagegen bei den rothen und braunen Algen. Fast nur die schmal bandförmigen Gestalten, die in Mehrzahl der Wand der einzelnen Zelle innen angelagert sind, finden sich häufiger bei den Phaeophyceen und Rhodophyceen verbreitet; einzelne grössere Platten dagegen sind hier sehr selten, wenn sie auch keineswegs vollständig fehlen (z. B. beobachtete ich dieselben bei *Nitophyllum Gmelini*). Schmal bandförmige, gewöhnlich etwas geschlängelte Platten aber finden sich der Seitenwand der grossen cylindrischen Thalluszellen angelagert z. B. bei zahlreichen Arten von *Ectocarpus* unter den Phaeophyceen, *Ceramium*, *Callithamnion* (z. B. *C. plumula*) u. a. unter den Rhodophyceen, während bei anderen Formen mit kleinzelligem, dickerem Thalluskörper vielfach gelappte Platten und Bänder über die obere Endfläche der Zelle, die der Thallusaussenfläche zugewandt ist, sich ausbreiten und von hier aus mehr oder weniger weit auf die cylindrische Seitenwand hinüberreichen (*Cruoria, Petrocelis* und viele andere Florideen).

Diesen einfacheren dünnen, wandständigen Chlorophyllscheiben reihen sich dann mancherlei eigenartige Formen an, die für einzelne Gattungen namentlich grüner Algen

---

Stein), sondern auch die olivenfarbigen Cryptomonaden und die braunen Dinobryinen und Chrysomonaden Stein's als Algen anerkannt werden. (Auch Cienkowski [M. Schultze, Archiv f. mikrosk. Anatomie VI. 1870. p. 426] spricht sich bereits dafür aus, dass „die Flagellatengattungen *Chlamydomonas*, *Euglena*, *Cryptomonas*, *Vacuolaria* bei den Palmellaceen ihre natürliche Stellung finden.") Eine bestimmte Abgrenzung der ersten beiden Gruppen gegen die letzteren ist nicht möglich. — Vielleicht dürfte es am zweckmässigsten sein, die chromatophorenhaltigen Flagellaten von den chromatophorenfreien zu trennen, ebenso wie man Algen und Pilze trennt (vgl. oben p. 10 Anm.), und dann die ersteren einfach den Algen anzuschliessen, wie es ja mit *Volvox*, *Chlamydomonas* und ihren nächsten Verwandten schon längst zu geschehen pflegt. Die Thatsache, dass *Chromophyton Rosanoffii* Woronin einfach als Alge anerkannt worden ist, zeigt ja deutlich, dass man botanischerseits gar nichts gegen die Algennatur dieser Organismen einzuwenden hat, so lange dieselben nicht bereits vorher als Thiere (Flagellaten) beschrieben worden sind.

charakteristisch sind. So entsteht eine eigenthümliche, sehr unregelmässige Bildung dadurch, dass bei einer einzelnen durchbrochenen wandständigen Scheibe die Ränder der Maschenräume sich hervorstrecken und mit breiten, lappigen Vorsprüngen übereinandergreifen, resp. Fortsätze in den Innenraum der Zelle hinein vorstrecken. Ein solcher Chlorophyllkörper findet sich z. B. in einfacherer Ausbildung bei *Conferva*, in sehr viel reicherer Gestaltung aber bei *Codiolum gregarium*, bei welcher Alge ein dünnes, scheibenförmiges, vielfach durchbrochenes Chromatophor die obere Endfläche der keulenförmig gestalteten Zelle bedeckt und von hier aus an der cylindrischen Seitenwand sich weit herabzieht, während schmale bandförmige Fortsätze von seiner Innenfläche aus in den Innenraum der Zelle hinein sich erstrecken und hier ein unregelmässiges grünes Maschenwerk, das den Zellraum durchsetzt, herstellen. Aehnliche Chromatophoren in mehr oder minder reicher Ausbildung finden sich nicht selten bei grösseren einzelligen grünen Algen aus der Gruppe der Protococcaceen, so z. B. nach den vorliegenden Abbildungen bei *Chlorochytrium Lemnae*[1]) und *Endosphaera*.

Eine eigenthümliche Ausbildung weisen ferner die Chromatophoren der Siphonocladaceen auf. Bei einigen Arten derselben (z. B. bei *Cladophora arcta* (Fig. 7) aus der Nordsee) bildet das Chromatophor eine einzelne, vielfach durchbrochene wandständige Scheibe. Bei anderen Arten von *Cladophora* ist diese Scheibe noch viel reichlicher durchbrochen und gelappt, von derselben aber entspringen zahlreiche schmalere oder breitere bandartige Fortsätze, die in das Innere der Zelle hinein vorspringen und dieses mit einem grobmaschigen grünen Netzwerk erfüllen. Bei sehr zahlreichen Siphonocladaceen (*Cladophora* u. a.) dagegen erscheint diese Platte in zahlreiche kleine

1) Bei *Chlorochytrium Cohnii* Wright (vgl. Bot. Jahresbericht 1877. p. 28), welche Alge ich bei Neapel im Inneren einer marinen *Schizonema* endophytisch fand, besitzt dagegen das Chromatophor die Gestalt einer einfachen flachen wandständigen Scheibe mit vielfach zertheiltem Rande.

rundlich-eckige Scheibchen von wechselnder Grösse und unregelmässiger Gestalt zertheilt (Fig. 15), so zwar, dass die Gesammtheit dieser Scheibchen in ihrer Anordnung durchaus einer einzelnen, vielfach durchbrochenen Platte der zuvor genannten *Cladophora*-Arten entspricht. Diese kleinen Scheibchen entstehen während des Heranwachsens der Zelle durch fortgesetzte Zertheilung der heranwachsenden älteren Scheibchen; doch kommt es bei manchen Arten (*Chaetomorpha*, *Valonia* u. a.) öfters vor, dass innerhalb einer und derselben Zelle stellenweise diese Zertheilung nur sehr langsam vor sich geht oder ganz stockt und dadurch grössere, unregelmässig gelappte und mannigfach durchbrochene Platten neben zahlreichen kleineren Scheibchen sich ausbilden. Unterbleibt diese Zertheilung während des Heranwachsens der Chromatophoren gänzlich [1]), so nähern sich solche Zellen den ersterwähnten Formen (*Cladophora* sp.); erfolgt dagegen die Zertheilung regelmässig, so ist das Resultat davon die Bildung jener zahlreichen kleinen isolirten Scheibchen differenter Grösse, die

1) Aus einigen Beobachtungen an *Cladophora fracta* und *oligoclona* muss ich entnehmen, dass die Ausbildung der Chromatophoren in der genannten Weise bei einer und derselben Art von *Cladophora* wechseln kann, dass die Zellen dieser Cladophoren bald nur eine einzelne durchbrochene Chlorophyllplatte, bald zahlreiche kleine Scheibchen besitzen können. Eine rasch wiederholte Zertheilung würde alsdann die Chromatophoren der ersteren Art in die letztere Gestaltung hinüberführen. Allein bei den Schwierigkeiten einer sicheren Bestimmung und Begrenzung der Arten, wodurch die Süsswasser-Cladophoren nicht minder als die *Cladophora*-Arten des Meeres sich hervorthun, ist immerhin die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass mir verschiedene Arten oder Varietäten mit differenter Ausbildung der Chromatophoren vorgelegen haben. — Die vorhandenen Abbildungen (namentlich Kützing's Tabulae phycologicae), sowie die Angaben der Systematiker weisen ohnedies auf eine grosse Mannigfaltigkeit in der Struktur der Chromatophoren bei den zahlreichen verschiedenen Arten von *Cladophora* hin, eine Mannigfaltigkeit, die in der That noch grösser ist, als es meine frühere Darstellung (Beobachtungen über die vielkernigen Zellen der Siphonocladiaceen p. 17 ff.) erwarten lässt. Leider jedoch lässt sich aus den vorliegenden Angaben und Abbildungen ohne Vergleichung lebender Exemplare der einzelnen Arten nichts sicheres entnehmen.

in den Zellen der meisten Siphonocladaceen (*Valonia* (Fig. 15), *Siphonocladus*, *Microdictyon*, *Anadyomene*, *Chaetomorpha*, zahlreicher Arten von *Cladophora*) beobachtet werden [1]), wobei dann diese Scheibchen bald nur in einer wandständigen Schicht ausgebreitet, bald auch in den Strängen und Bändern der Zellmitte vertheilt sind.

Eine andere Abweichung von der bisher geschilderten scheibenförmigen Gestalt der Chromatophoren zeigen die Chlorophyllkörper vieler Chlamydomonaden, Volvocaceen, Palmellaceen u. s. w. Hier erscheint das scheibenförmige Chromatophor, entsprechend der kugelig abgerundeten Gestalt der ganzen Zelle, hohlkugelig gekrümmt, dabei aber in der Mitte stark verdickt, sodass seine Gesammtgestalt eine uhrglasförmige bis muldenförmige wird; ja bisweilen ist diese Verdickung so stark, dass das Chromatophor geradezu die Gestalt einer Kugel annimmt, die nur an einer Seite eine kleine flache Auskehlung besitzt (*Palmophyllum flabellatum*). Solche Chromatophoren [2]) finden sich bei vielen Arten von *Pleurococcus*, *Palmella*, *Palmophyllum*, *Gloeocystis*, *Tetraspora*, *Chlamydomonas*, *Volvox*, *Eudorina* u. a.

Weit complicirter wird nun die Gestalt des Chromatophors durch das Auftreten von schmalen, bandförmigen Streifen, welche nicht nur aus dem Rande, sondern auch aus der Fläche des scheibenförmigen Chromatophorenkörpers hervortreten. Solche Fortsätze finden sich nicht selten als mittlere Leisten der Innenseite der Chlorophyllbänder von *Spirogyra* oder den Platten von *Mesocarpus*, *Mesotaenium* u. a. aufgesetzt und erscheinen hier gewissermaassen als Duplikaturen der einfachen Spreite des Chlorophors. Wo aber mehrere derartige Leisten neben einander längs der Mittellinie des Chlorophors verlaufen und noch dazu auf beiden Seiten desselben auftreten, da wird die Gesammtgestalt des ganzen Chlorophyllkörpers eine ziemlich

1) Schmitz, l. c.

2) Chlorophoren derselben Art besitzen nach K. Brandt (Verhandl. d. physiolog. Gesellschaft zu Berlin. p. 23. 1881—82) auch die einzelligen parasitischen Algen der Infusorien, Hydren und anderer niederen Thiere.

abweichende (z. B. Arten von *Micrasterias*). Bei stärkerer Ausbildung dieser Leisten tritt zuletzt ein scheibenförmiger Hauptttheil des ganzen Chromatophors gar nicht mehr als solcher hervor; das ganze Chromatophor erscheint vielmehr zusammengesetzt aus zahlreichen gleichartigen Platten, die sämmtlich mit einer Kante unter einander zusammenstossen, oder auch geformt aus einem spindelförmigen Mittelstück, welchem aussen zahlreiche parallele Platten aufgesetzt sind, wie solche Chlorophoren z. B. bei *Closterium* und *Penium* seit langem bekannt sind.

Diesen Gestalten reihen sich weiterhin zahlreiche verschiedenartige Formen an, die in grosser Mannigfaltigkeit unter den Desmidieen verbreitet sind [1]). Ueberall handelt es sich dabei um ein längeres oder kürzeres stabförmiges Mittelstück, an welches Platten verschiedener Gestaltung, vielfach in symmetrischer Vertheilung, ansetzen. Zuweilen aber wird dieses Mittelstück so kurz, dass es fast kugelförmig gestaltet ist, während schmale Platten oder Bänder von ihm nach allen Seiten auslaufen. Diese letzteren Gestalten führen dann hin zu den vollständig sternförmigen Chromatophoren, wie sie bei *Zygnema* längst bekannt sind, bei denen von einem kugeligen Mittelstück schmale Bänder in grosser Zahl allseitig ausstrahlen. Solche Chromatophoren finden sich in gleicher Ausbildung auch bei *Zygogonium*, einzelnen Arten von *Palmogloea* und *Cylindrocystis*, ferner bei *Schizogonium* und *Prasiola*, *Porphyridium* (Fig. 23) und sämmtlichen Bangiaceen. Etwas abweichend durch ungleich lange, bandartige Fortsätze kehren dieselben sternförmigen Gestalten dann wieder in den ovalen bis langgestreckten Zellen einzelner Chlamydomonaden [2]) und Euglenen [3]) (*E. viridis* und *oxyuris*

---

1) Vgl. de Bary, Untersuchungen über die Familie der Conjugaten. p. 40 ff.

2) Die Mehrzahl der Chlamydomonaden besitzt dagegen muldenförmig gebogene scheibenförmige Chromatophoren.

3) Bei anderen Formen dieser Gruppe (*Euglenida* und *Chloropeltidea* Stein) sind dagegen die Chromatophoren ganz anders gestaltet. So besitzen *Colacium* und *Trachelomonas* nach Stein (Organismus der Infusionsthiere. III. Taf. 21—22) zahlreiche kleine Chlorophyllscheibchen, während *Cryptoglena* in jeder Zelle zwei

Fig. 19 und 20) und, zum Theil in sehr unsymmetrischer Ausbildung, bei den Rhodophyceen-Gattungen *Chantransia*, *Nemalion* (Fig. 16), *Helminthora*, *Helminthocladia* (Fig. 11 u. 12) und *Liagora* d. i. bei sämmtlichen eigentlichen Nemalieen. Als sehr reducirte Formen dieses Typus der Chromatophoren aber erscheinen die Farbstoffkörper von *Licmophora flabellata* (Fig. 1 u. 2) und einiger anderer mariner Bacillariaceen (Fig. 10), welche die Gestalt von Plattenpaaren, die in der Mitte durch ein kugeliges Mittelstück verbunden sind, darbieten.

Ganz eigenartige Chromatophoren besitzen endlich einige Bacillariaceen aus der Gruppe der Tabellarieen (*Striatella*, *Rhabdonema*, *Hyalosira* u. a.), von denen hier als Beispiel *Striatella unipunctata* [1]) beschrieben werden mag (Fig. 26). Bei dieser Alge nämlich enthalten die seitlich sehr stark abgeflachten, im Umriss rechteckigen Zellen zwei sternförmige Chromatophoren, welche in der Mitte der Zelle neben dem central gelagerten Zellkern befestigt sind. Diese Chromatophoren bestehen aus einem halbkugeligen, seitlich stark zusammengedrückten Mittelstück, von dessen gewölbter Aussenfläche zahlreiche bandförmige Fortsätze radial ausstrahlen und in zwei Phalangen den beiden flachen Seitenwänden der Zelle sich anlegen. Bei typischer Ausbildung schliessen diese beiden Halbsterne den Zellkern in der Mitte der Zelle zwischen sich ein und bilden zusammen anscheinend nur einen einzelnen sternförmigen Körper. Sehr häufig aber ist eines dieser beiden Chromatophoren oder beide zugleich in zwei (häufig ungleiche) Hälften zertheilt, die nun Viertelsterne oder ähnliche, ganz unregelmässige Figuren darstellen, bei denen stets von einem kleineren oder grösseren Mittelstücke aus mehr oder minder zahlreiche Fortsätze einseitig gegen die Peripherie der Zelle hin ausstrahlen. Ja es kann sich

---

grosse wandständige Chlorophyllplatten enthält. Für *Colacium* konnte ich selbst das Vorhandensein mehrerer kleiner wandständiger Chlorophyllscheibchen bestätigen.

1) Eine zweite Species von *Striatella*, die ich bei Neapel ebenso häufig fand wie *Str. unipunctata*, besitzt dagegen zahlreiche kleine längliche Chromatophoren-Scheibchen in wandständiger Anordnung.

die Theilung dieser Viertelsterne sogar noch ein oder mehrere Male wiederholen und zahlreiche ungleich grosse Theilstücke liefern, deren kleinste nur einige wenige (1—3) bandförmige Fortsätze aussenden. — Analoge mannigfaltig wechselnde Gestalten zeigen die Chromatophoren auch bei anderen Arten der Tabellarieen.

III.

Wenn nun so die Gestalt der Chromatophoren bei den Algen im Allgemeinen eine sehr mannigfaltig wechselnde ist, so ist doch für die einzelne Algenspecies diese Gestalt stets constant. Allerdings weicht die Ausbildung der Chromatophoren jüngerer Zellen oft recht wesentlich ab von derjenigen älterer Zellen, oder es erscheinen die Chromatophoren rasch wachsender Zellen auf den ersten Blick sehr abweichend von denjenigen langsam vegetirender Individuen. Allein es handelt sich in allen solchen Fällen doch stets nur um Unterschiede in der Ausbildung derselben Grundgestalt, Unterschiede, wie sie im fortschreitenden Laufe der Entwicklung oder unter der verschiedenartigen Einwirkung der äusseren Umstände auch an anderen Theilen der Zelle hervorzutreten pflegen: die Grundgestalt des Chromatophors selbst wird durch solche Variationen nicht verändert. Diese ist vielmehr für jede einzelne Algenspecies feststehend, ihre Variabilität, wenn auch im Einzelnen zuweilen recht gross [1], doch stets zwischen bestimmte Grenzen eingeschlossen. Ja diese Constanz in der Gestaltung der Chromatophoren geht bei den Algen so weit, dass diese Farbstoffkörper und ihre specielle Ausbildung sehr wesentliche und werthvolle Hülfsmittel für die Charakteristik und systematische Unterschei-

1) Diese Variabilität in der Gestaltung der Einzelformen ist ganz besonders gross bei manchen Florideen; so zeigen z. B. manche Arten von *Ceramium* und *Polysiphonia* (*P. variegata* u. a.) äusserst verschiedenartige Gestalten der Chromatophoren in den verschiedenen Zellen des Thallus.

dung der einzelnen Algengruppen, namentlich der Gattungen, darbieten [1]).

Dieselbe Constanz zeigt auch bei den meisten Algen die Anordnung und Vertheilung der Chromatophoren im Inneren der einzelnen Zelle, so gross auch beim Vergleich der verschiedenen Algengeschlechter die Mannigfaltigkeit in dieser Beziehung sein mag. Bei einzelnen Formen, namentlich einzelliger Algen, sind die Chromatophoren in der Mitte der ganzen Zelle aufgestellt, so zwar, dass sie von allen Seiten gleichmässig dem Lichte zugänglich sind (*Porphyridium*, zahlreiche Desmidiaceen, *Nitzschia*, *Mesocarpus*, *Zygnema*, Bangiaceen u. s. w.). Bei der grossen

---

1) Von dem letzteren Umstande ist allerdings bisher in der Systematik der Algen nur sehr wenig Gebrauch gemacht worden. Ausser bei den Zygnemeen und Desmidieen hat man bisher fast nur bei den Bacillariaceen seit Pfitzer's Untersuchungen die Ausbildung der Chromatophoren zur systematischen Unterscheidung der Einzelformen herangezogen, während sie doch in allen übrigen Gruppen, namentlich der grünen Algen, mit dem gleichen Erfolge verwerthet werden können. So z. B. sagt noch in neuerer Zeit Kirchner in seiner Algenflora Schlesiens (p. 78), dass im sterilen Zustande die Arten von *Ulothrix* und *Conferva* (womit er *Microspora* Thur. vereinigt) nur „schwer, durch die robusteren Zellwände und den mehr körnigen Inhalt, zu unterscheiden" seien: und doch sind die drei Gattungen *Ulothrix*, *Conferva* und *Microspora* ausserordentlich leicht durch die ganz verschiedene Struktur der Chromatophoren jederzeit zu unterscheiden. Desgleichen bietet die Gestaltung der Chromatophoren ein vortreffliches Mittel dar, um die marinen Arten der Nemalieen-Gattung *Chantransia* von den ähnlich gestalteten Jugendformen von *Batrachospermum* aus dem süssen Wasser zu unterscheiden: jene marinen Chantransien nämlich besitzen je ein unsymmetrisches sternförmiges Chromatophor in jeder Zelle (*Chantransia investiens* [*Balbiania investiens* Sirodot] des süssen Wassers dürfte sich wahrscheinlich ebenso verhalten), diese Jugendformen von *Batrachospermum* aber führen in ihren Zellen, wie *Batrachospermum* selbst (Fig. 24), stets mehrere kleinere, einfach scheibenförmige Chromatophoren. Andere Beispiele bieten sich namentlich bei dem Studium der einfacheren Algengestalten noch in grosser Anzahl dar zum Beweise, welch grosser Werth für die Systematik der Algen den Chromatophoren zukommt, wie sehr es nothwendig ist, bei der Beschreibung neuer Gattungen, namentlich von grünen Algen, die Organisation der Chromatophoren genau zu berücksichtigen.

Mehrzahl der Algen aber sind die Chromatophoren in wandständiger Schicht angeordnet und auch hier stets so, dass sie diejenige Seite der Zellwandung einnehmen, welche dem Zutritt des Lichtes am meisten ausgesetzt ist. Bei einzelligen Algen kleiden sie dementsprechend gewöhnlich die ganze Oberfläche der Zellwandung aus (*Eremosphaera*, *Podosira*, *Triceratium*, *Halosphaera* u. s. w.), bei mehrzelligen Formen dagegen sind sie mehr oder weniger vollständig auf diejenige Seite, welche der Thallusoberfläche zugekehrt ist, beschränkt und greifen nur bei reichlicher Vermehrung auch auf die übrigen Seiten hinüber (*Spermothamnion*, *Cruoria*, *Petrocelis* u. s. w.). — In dieser wandständigen Schicht liegen die Chromatophoren, sofern sie in Mehrzahl vorhanden sind, bald ganz regellos gruppirt, bald in durchaus regelmässiger Anordnung vertheilt, und dabei bald in parallele Reihen geordnet (Characeen), bald in netzförmig verbundene Ketten gruppirt (Markzellen der Stämmchen von *Laurencia* u. a.), bald in dicht gedrängter Schaar zu den zierlichsten Kurvensystemen verbunden (*Griffithsia*, *Dasya* u. a. Florideen mit zahlreichen kleinen scheibenförmigen Chromatophoren). — Endlich liegen in der grossen Mehrzahl der Fälle die Chromatophoren in der einzelnen Zelle relativ fest; nur bei wenigen Algen ist ihre Stellung keine bestimmt fixirte, und wandern z. B. in den grossen Schlauchzellen vieler Siphoneen die Chromatophoren fort und fort in regellosester Weise hin und her (*Codium* u. s. w.).

Eine analoge Regelmässigkeit der Anordnung zeigen bekanntlich in zahlreichen Fällen auch die Zellkerne der Algenzellen. Wenn nun in solchen Zellen zugleich auch die Chromatophoren eine bestimmte regelmässige Stellung einnehmen, so kann es natürlich nicht ausbleiben, dass auch zwischen Chromatophoren und Zellkernen eine regelmässige Beziehung sich geltend macht. So liegen z. B., wie bekannt, in den Zellen vieler Desmidieen und Zygnemeen (*Mesocarpus*, *Zygnema* (Fig. 27), *Zygogonium*) Zellkerne und Chromatophoren stets regelmässig zu einander gruppirt; so liegt ferner auch in anderen Algengruppen in Zellen mit einzelnem grossen Chromatophor der Zellkern nicht selten in be-

stimmter constanter Stellung zu dem letzteren (z. B. bei *Palmophyllum flabellatum* in der kleinen Auskehlung des kugelförmigen Chromatophors (vgl. auch Fig. 23); oder es vertheilen sich in der wandständigen Protoplasmaschicht die zahlreichen Zellkerne in regelmässiger Weise auf der Innenseite der Chromatophorenschicht (*Valonia, Siphonocladus, Bornetia, Spermothamnion*[1]) u. s. w.); u. a. m. Ja es lässt sich bei einem Vergleich der verschiedenartigen Einzelfälle nicht verkennen, dass vielfach eine gewisse Abhängigkeit zwischen beiderlei Organen der Zelle vorhanden ist, insofern der Zellkern in seiner Stellung innerhalb der Zelle deutlich durch die Anordnung der Chromatophoren bestimmt wird (besonders deutlich zeigen dies z. B. die älteren grösseren Zellen von *Valonia, Siphonocladus*[2]) und anderen Siphonocladaceen oder von *Laurencia*[3]) und anderen Florideen mit netzförmig durchbrochener Chromatophorenschicht, bei denen die zahlreichen Zellkerne fast stets auf

---

1) Ganz eigenthümlich erscheint es bei den genannten und ähnlichen grosszelligen Florideen mit zahlreichen kleinen Chromatophorenscheibchen in einfacher wandständiger Schicht, dass in dieser Chromatophorenschicht stets an denjenigen Stellen, an denen die Zellkerne liegen, die kleinen Chromatophorenscheibchen etwas grössere Lücken als anderwärts zwischen sich lassen, sodass die schwach glänzenden Zellkerne durch diese Lücken ein wenig hindurchschimmern und so an der lebenden Zelle deutlich hervortreten (vgl. z. B. die Abbildung von *Griffithsia setacea* bei Thuret, Études phycologiques pl. 36 Fig. 2.). Doch ist diese Erscheinung an den allerjüngsten Zellen noch nicht zu erkennen und wird auch an älteren Zellen wieder unsichtbar, da hier die Chromatophoren bald überwiegend sich vermehren und durch seitliches Zusammenrücken die Zellkernlücken schliessen, bald in langsamerem Wachsthum seitlich mehr auseinanderweichen und dadurch auch anderwärts ebenso grosse Lücken zwischen sich hervortreten lassen.

2) Schmitz, Beobachtungen über die vielkernigen Zellen der Siphonocladiaceen. 1879. p. 7, p. 10.

3) Vgl. die Abbildung von *Laurencia obtusa* bei Naegeli, Neuere Algensysteme Taf. 8. Fig. 17. Nach den Angaben des Textes (p. 223) soll allerdings in diesen Zellen ein Zellkern nicht mehr vorhanden sein, jene Gebilde der Abbildung sollen „Schleimbläschen", nicht Zellkerne, wofür ich dieselben deuten muss, darstellen.

der Innenseite der Knoten dieses Netzwerkes gelagert sind), während diese mehr durch die Rücksicht auf den Zutritt des Lichtes sich leiten lassen. Allein ganz constant und ausnahmslos ist doch diese Beziehung keineswegs, und stehen den Beispielen eines deutlichen Zusammenhanges zwischen Chromatophoren und Zellkernen andere Beispiele gegenüber, in denen von einer solchen Beziehung nichts zu erkennen ist (z. B. die vegetativen Zellen der Characeen).

IV.

Diese Chromatophoren sind nun in der einzelnen Zelle dem Protoplasma in der Weise eingelagert, dass sie ringsum von demselben umschlossen und eingehüllt sind (vergl. Hofmeister Pflanzenzelle p. 367). Nirgends liegen sie an der Oberfläche der Zelle der Zellhaut unmittelbar an, und ebensowenig grenzen sie im Inneren der Zelle jemals direkt an grössere Vakuolen oder an das Zellenlumen selbst, vielmehr sind sie stets noch von Protoplasma, wenn auch in dünner Schicht, umgeben.

Diese Thatsache ist in sehr zahlreichen Fällen leicht und zweifellos festzustellen (z. B. in den Zellen der Characeen). Allein es giebt auch Fälle genug, in denen es schwierig wird, von dem Vorhandensein einer farblosen Protoplasmaschicht an der Aussenfläche der Chromatophoren sich zu überzeugen. In der That wird denn auch in der Litteratur mehrfach für einzelne Algen, z. B. für die schmal-bandförmigen Chromatophoren von *Spirogyra*, ein unmittelbares Angrenzen der Chromatophoren an das Zellenlumen oder an die Zellhaut behauptet. In verschiedenen näher untersuchten Fällen jedoch, in denen der erste unmittelbare Eindruck ein solches Freiliegen der Chromatophoren annehmen liess, hat mir die genauere Untersuchung gezeigt, dass die Chromatophoren noch von einer, allerdings oft sehr dünnen Schicht hyalinen Protoplasmas überzogen und eingehüllt sind.

Am schwierigsten zu entscheiden unter allen diesen

Fällen fand ich die vorliegende Frage in den beweglichen oder unbeweglichen Zellen vieler Protococcaceen, Palmellaceen u. V. (z. B. *Chlamydomonas*, *Tetraspora* u. s. w.) mit muldenförmigen Chromatophoren, bei welchen die dünne Schicht farblosen Protoplasmas, welche aussen das Chromatophor umhüllt, oft nur an einzelnen, besonders günstigen Individuen deutlich zu erkennen ist. Bei einigen dieser Formen mit kugelig abgerundeter Gestalt der Zelle, bei welcher die Lichtbrechung an der äusseren Peripherie so sehr leicht Täuschungen veranlasst, habe ich selbst sehr lange geschwankt, bis ich mich von dem Vorhandensein einer solchen Umhüllungsschicht mit genügender Deutlichkeit überzeugen konnte. Bei anderen kann ich auch jetzt noch nicht behaupten, eine Umhüllungsschicht aus farblosem Protoplasma wirklich gesehen zu haben; doch glaube ich mich durch die Analogie der deutlich durchsichtigen Fälle hinreichend berechtigt, auch hier eine solche hyaline äussere Protoplasmaschicht anzunehmen, ebenso wie dies bereits Hofmeister (Pflanzenzelle p. 363) gethan hat.

Bei der Mehrzahl der Algen dagegen ist die Zelle nach aussen durch eine deutlich und leicht erkennbare, hyaline Protoplasmaschicht (die an gehärtetem Materiale sehr vielfach eine feine, äusserst zierliche Netzstruktur erkennen lässt, wie z. B. bei *Bryopsis*) begrenzt. Dagegen sind dann gewöhnlich die Chromatophoren so geordnet, dass sie nun nach innen freizuliegen und mit der einen flachen Seite dem Zellenlumen unmittelbar anzugrenzen scheinen. Zahlreiche Beispiele dafür finden sich in allen Gruppen der Algen, sodass es keiner speciellen Aufzählung bedarf. Je nach der Dicke der Chromatophoren scheinen diese dabei mehr oder weniger weit frei in das Zellenlumen hinein vorzuspringen (besonders auffallend z. B. bei *Bryopsis plumosa* oder *Urospora mirabilis*, während umgekehrt bei den meisten Florideen die sehr dünnen Scheibchen der Chromatophoren kaum eine lokale Verdickung der wandständigen Protoplasmaschicht hervorrufen). Allein ich glaube, auch hier in allen Fällen das Vorhandensein einer dünnen hyalinen Umhüllungsschicht aus Protoplasma behaupten zu müssen.

In manchen Fällen kann man sich leicht von dem Vorhandensein einer solchen Schicht überzeugen. So lassen z. B. die grossen Zellen von *Bornetia*, *Griffithsia*. u. a. Florideen [1]) beim Absterben in süssem Wasser eine innere Grenzschicht des wandständigen Protoplasmas sehr deutlich als besondere zusammenhängende Hautschicht hervortreten. Ferner ist diese Schicht bei *Urospora mirabilis* auf der Innenseite der ziemlich dicken bandförmigen Chromatophoren an den Stellen, wo Zellkerne liegen oder die freien Protoplasmafäden entspringen, welche das Zellenlumen in peripherischem Geflechte durchsetzen, ziemlich leicht zu erkennen. Ebenso kann man auch in den Zellen von *Spirogyra* an denjenigen Stellen der Chlorophyllbänder, von welchen die Protoplasmafäden, die den Zellkern halten, entspringen, öfters ganz deutlich erkennen, dass diese Fäden an ihrer Insertionsstelle sich verbreitern und in eine dünne hyaline Protoplasmaschicht sich seitlich ausbreiten, eine Protoplasmaschicht, welche an anderen Stellen durch die eingelagerten, mehr oder minder zahlreichen Körnchen und Tröpfchen wahrnehmbar wird [2]). Desgleichen lässt sich auch der dünne Protoplasma-Ueberzug der Chlorophyllplatte, die bei *Mesocarpus* durch die Mitte der Zelle ausgespannt ist, an denjenigen Stellen, wo demselben die vielfach sehr zahlreichen kleinen Tröpfchen eingelagert sind, ziemlich deutlich unterscheiden. Ueberhaupt macht das Erkennen dieser Protoplasmaschicht in allen solchen Fällen, wo Protoplasmafäden von derselben entspringen, oder wo kleine Körnchen oder Tröpfchen derselben einge-

---

1) Schmitz in d. Sitzb. d. niederrhein. Ges. f. Nat. u. Heilk. zu Bonn 1880. p. 167. (p. 9 des Sep.-Abdr.).

2) Diese Protoplasmaschicht lässt sich bei *Spirogyra* sogar ganz deutlich als zusammenhängende Schicht, welche über die Chlorophyllbänder sich hinwegzieht, sichtbar machen, wenn man Zellen durch mechanische Eingriffe (z. B. den Druck auf das Deckglas des Präparates) zum Absterben bringt und nun die abgestorbenen Fäden mittelst Hämatoxylin färbt oder durch Pikrinsäure vollständig erhärtet. In beiden Fällen tritt nach dem Auswaschen der Präparate in Wasser die innere Grenzschicht des wandständigen Protoplasmaschlauches vielfach sehr deutlich hervor.

lagert sind, keine allzu grossen Schwierigkeiten. Allein wo diese Anhaltspunkte vollständig fehlen, da wird die Unterscheidung dieser Protoplasmaschicht öfters recht schwierig, namentlich an gehärtetem Materiale, dessen Chromatophoren entfärbt sind [1]), und ist es mir infolgedessen in einzelnen Fällen bisher noch nicht möglich gewesen, diese Schicht selbst deutlich zu sehen, wie z. B. in den Schlauchzellen von *Bryopsis* [2]). Die Analogie der sicher erkannten Fälle scheint mir jedoch mit genügender Sicherheit die Schlussfolgerung zu erlauben, dass auch hier überall eine dünne Umhüllungsschicht der Chromatophoren aus hyalinem Protoplasma vorhanden sei [3]). Jedenfalls habe ich in keinem einzigen Falle das Gegentheil sicher festzustellen vermocht.—

In Zellen mit grossem Zellenlumen springen, wie erwähnt, die Chromatophoren gewöhnlich aus der wandständigen Protoplasmaschicht mehr oder weniger weit nach

---

1) Es hat mir leider bisher noch nicht gelingen wollen, ein Färbungsmittel ausfindig zu machen, durch welches man stets im Stande wäre, an gehärtetem Materiale die Chromatophoren gegen das umgebende Protoplasma distinkt zu färben und dadurch deutlich hervortreten zu lassen. Zuweilen (z. B. bei *Botrydium granulatum*) gelingt dies allerdings durch Hämatoxylin ganz vortrefflich; allein in anderen Fällen war der Färbungsunterschied, den ich erzielte, nur ein äusserst geringer oder ganz unmerklich, sodass ich dann Fragen, wie die obige, bestimmt zu entscheiden nicht im Stande war. Vielfach auch leisteten Anilinfarben (Fuchsin, Anilinblau, Bismarckbraun) vortreffliche Dienste, allein in anderen Fällen versagten auch diese wieder. Kurz, ein allgemein brauchbares Färbungsmittel habe ich bisher noch nicht aufzufinden vermocht.

Welch ein vortreffliches Mittel für genauere Untersuchungen aber ein sicheres Mittel zu distinkter Färbung einzelner Körper darstellt, hat ja in jüngster Zeit die Einführung des Hämatoxylins (oder noch besser des Hämatein-Ammoniaks) als Kernfärbungsmittel zur Genüge bewiesen.

2) Bei *Codium* u. a. Siphoneen sah ich dagegen diese Protoplasmaschicht nach dem Abtödten der Algen mittelst Spiritus als geschlossene Haut von dem Wandplasma abgelöst und dadurch deutlich sichtbar gemacht.

3) Zu demselben Resultate gelangt auch Pfitzer (Bau und Entwicklung der Bacillariaceen p. 35) bei der Erörterung der vorliegenden Frage für die Bacillariaceen.

innen vor. Da setzen dann die Protoplasmafäden, welche entweder das ganze Zellenlumen durchlaufen oder diese wandständige Schicht auf der Innenseite mit einem dichteren oder lockeren Fadengeflechte überspannen, mit Vorliebe gerade an die Chromatophoren resp. an die Hüllschicht derselben an (*Spirogyra*, *Pleurotaenium*, *Urospora*, *Chaetomorpha*). In anderen Fällen reducirt sich nun dieses Geflecht von Protoplasmafäden auf eine sehr geringe Ausdehnung, die Maschen desselben werden sehr enge, die Fäden selbst sehr fein und dünn (nur an gehärtetem Materiale deutlich sichtbar) und erscheinen schliesslich nur als derbere Protoplasmafibrillen, welche innerhalb der wandständigen Protoplasmaschicht zwischen den seitlich benachbarten Chromatophoren ausgespannt sind. Oder es ist auch an gehärtetem Materiale überhaupt nicht mehr möglich, in der Flächenansicht der Zelle diese Fibrillen von der wandständigen Protoplasmaschichte zu trennen, und erscheinen dieselben vielmehr dem (mehr oder weniger deutlich feinnetzigen) Protoplasma als derbere Fibrillen direkt eingelagert. So zeigen es z. B. sehr viele Algen, deren Zellen in einer wandständigen Protoplasmaschicht zahlreiche, kleinere, scheibenförmige Chromatophoren führen (*Vaucheria*, *Botrydium*, *Valonia* (Fig. 15), *Plocamium* u. s. w.), wobei vielfach sehr kleine Zacken oder Vorsprünge an den Rändern der Chromatophoren den Protoplasmafibrillen passende Ansatzstellen darbieten (vgl. auch Fig. 13). In anderen Fällen dagegen setzen nur feinere Fibrillen des (an gehärtetem Materiale) engmaschigen Protoplasmas an die Chromatophoren an (*Callithamnion plumula*, *Dasya squarrosa* u. s. w.), oder es erscheinen diese letzteren einfach einem feinpunktirten oder anscheinend homogenen Protoplasma eingelagert (*Nitophyllum*, *Delesseria* u. s. w).

V.

Neben der mannigfaltig verschiedenen Ausbildung der äusseren Gestalt, die in den vorstehenden Abschnitten doch nur in ihren Hauptzügen geschildert werden konnte, geht

nun eine grosse Uebereinstimmung der inneren Struktur der Chromatophoren einher. Im lebenden Zustande erscheinen die meisten Chromatophoren, mögen sie nun grün oder roth oder braun gefärbt sein, auch bei Anwendung sehr starker Vergrösserungen durchaus homogen, ohne jede besondere innere Struktur. Doch ist ihre Substanz niemals vollkommen klar durchsichtig. Zuweilen jedoch lässt sich bereits am lebenden Materiale eine feine innere Struktur wahrnehmen. So sah ich z. B. bei *Spirogyra majuscula* (bei Anwendung der Oel-Immersion $^1/_{12}$ von Seibert) die lebenden Chromatophoren in ihrer ganzen Masse sehr deutlich derbpunktirt, in der Weise, dass zahlreiche dunklere Punkte die heller grüne Chromatophoren-Substanz durchsetzten. Die ganze Masse der Chromatophoren gewährte dadurch den Anschein einer sehr feinporösen oder feinnetzigen Struktur [1]).

Viel deutlicher dagegen treten an den getödteten Chromatophoren Anzeichen einer feineren inneren Struktur hervor. Benutzt man zum Abtödten der Chromotophoren eine concentrirte Auflösung von Pikrinsäure, welche, wie die direkte Beobachtung lehrt, die feinsten erkennbaren Struktur-Eigenthümlichkeiten des Protoplasmas, die feinsten Protoplasmafäden u. s. w. in den meisten Fällen fast unverändert in ihrer Gestalt zu erhalten pflegt, so erscheinen die gehärteten Chromatophoren in ihrer Gesammtform unverändert, ihre innere Struktur aber ist jetzt vielfach deutlicher erkennbar geworden, als sie zuvor war. In vielen Fällen allerdings erscheint auch jetzt noch die ganze innere Masse gleichmässig dicht und homogen, wenn auch matt und undurchsichtig (so namentlich bei den kleineren scheibenförmigen Chromatophoren zahlreicher Florideen [Arten von *Griffithsia*, *Spermothamnion*, *Callithamnion*, *Dasya*, *Nitophyllum*, *Delesseria*, *Chrysymenia* u. a.], von

1) Eine so deutliche feinnetzige Struktur, wie sie Frommann (Beobacht. über Struktur und Beweg. des Protoplasma der Pflanzenzellen. Taf. I. Fig. 1—2, 10, 12 und 18) für die Chlorophyllkörper von *Aspidistra punctata* und *Aloe arborescens* abbildet, habe ich jedoch bisher bei den Algen noch nirgends an lebenden Chromatophoren zu unterscheiden vermocht.

Halopteris, *Botrydium*, *Vaucheria* u. s. w.). In anderen Fällen aber erweist sich die Grundsubstanz der Chromatophoren nun bei sehr starker Vergrösserung (Oel-Immersion $^1/_{18}$) deutlich feinpunktirt (*Valonia macrophysa*, *Ceramium fastigiatum*, *Plocamium coccineum*, Arten von *Polysiphonia* u. s. w.); oder es erscheint diese Punktirung derber ausgeprägt und verleiht dem ganzen Chromatophor ein mehr oder weniger feinporöses oder feinnetziges Ansehen. Dies letztere pflegt besonders deutlich an grösseren scheibenförmigen Chromatophoren hervorzutreten (*Nitophyllum Gmelini*, *Licmophora flabellata*, *Cocconeis*, *Mesocarpus*, *Spirogyra* u. s. w.), so zwar dass diese bald in ihrer ganzen Ausdehnung eine gleichmässige Struktur aufweisen, bald an einzelnen Stellen deutlich engmaschiger erscheinen als an den übrigen Abschnitten. (So sind vielfach [keineswegs immer] bei *Spirogyra* die Lappen des Randes der Chlorophyllbänder deutlich dichter als die übrigen Theile des Chromatophors; so lassen sich häufig in der Chlorophyllplatte von *Mesocarpus* einzelne unregelmässig vertheilte Stellen durch feinere Punktirung von dem übrigen derb-punktirten Chromatophor unterscheiden; oder es erscheint am ganzen Rand der Chromatophorenplatte die Punktirung viel feiner und viel weniger deutlich als in der Mitte [*Cocconeis*]). Ganz besonders deutlich aber fand ich die derbpunktirte resp. feinnetzig-poröse Beschaffenheit an den gehärteten Chromatophoren von *Bryopsis plumosa* und *Palmophyllum flabellatum*, und liessen namentlich die letzteren an der netzig-schwammigen Struktur kaum noch einen Zweifel übrig.

Wendet man dagegen zum Tödten der Zelle und zum Erhärten der Chromatophoren andere Reagentien an, welche erfahrungsgemäss auch auf das Protoplasma der Zelle eine mehr oder weniger eingreifende Wirkung ausüben, die feinere Gliederung desselben zerstören, so erhalten die Chromatophoren, wie zuerst Pringsheim[1]) beschrieben hat, ein grobmaschiges, deutlich schwammig-poröses Ge-

---

1) Pringsheim in Monatsb. d. kgl. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. 13. Novb. 1879 und ausführlicher im Jahrb. f. wiss. Botanik. XII. p. 311 ff.

füge. Das ist der Fall bei Einwirkung von Alkohol, Salzsäure, Essigsäure, Chloralhydrat u. s. w.[1]), kurzum bei der Anwendung zahlreicher, verschiedenartiger Reagentien, welche ein etwas langsameres Absterben und Coaguliren des gesammten Plasmas der Zelle herbeiführen.

Bei der Einwirkung fast aller genannten Reagentien wird die bisherige Färbung der Chromatophoren mehr oder weniger verändert, ja vielfach bei längerer Einwirkung ganz zerstört. Es bleibt dann nur eine farblose erhärtete Grundsubstanz der Chromatophoren zurück. Andererseits aber kann den lebenden Chromatophoren durch Alkohol eine färbende Substanz entzogen werden, wobei dieselbe farblose Grundsubstanz zurückbleibt. In dem ursprünglichen Chromatophor sind somit zweierlei Substanzen wesentlich von einander zu unterscheiden, einerseits die färbende Lösung, andererseits die farblose Grundsubstanz, die im lebenden Zustande von jener Lösung durchdrungen und gefärbt ist.

In dieser Grundsubstanz treten nun bei der Behandlung mit den genannten Reagentien die beschriebe-

---

1) In manchen Fällen wird eine solche feinere oder gröbere schwammig-poröse Stuktur auch schon beim Absterben der Chromatophoren in Wasser sichtbar. Besonders deutlich aber zeigen dies die kleinen, dicken, scheibenförmigen Chromatophoren von *Bryopsis*. Lässt man diese in süssem Wasser oder in Seewasser langsam absterben, so tritt in ihrer Masse nach kurzer Zeit eine deutliche, derbpunktirte bis feinporöse Struktur hervor. Die ganzen Körper runden sich dabei kugelig ab und quellen ein wenig auf, namentlich lockert sich ihre Mitte ziemlich stark auf. Während dieses Aufquellens aber erscheinen vielfach die feinen Hohlräume, namentlich in der Peripherie der Chromatophoren, sehr regelmässig in concentrische Schichten oder in radiale Reihen angeordnet, und dadurch entsteht dann der Anschein „einer Differenzirung" der „peripherischen Schichten in Areolen verschiedener Dichtigkeit", wie solche von Rosanoff (Hofmeister, Planzenzelle p. 369) beschrieben worden ist. Es handelt sich hierbei einfach um dieselbe feinporöse Beschaffenheit, die bei allen Chromatophoren mehr oder weniger deutlich beim langsamen Absterben hervortritt, nur erscheint die schwammig-poröse Struktur der absterbenden Chromatophoren hier zunächst viel regelmässiger als in anderen Fällen und dadurch besonders auffallend. Eine besondere, eigenartige feinere Struktur kommt den Chromatophoren von *Bryopsis* dagegen nicht zu.

nen Erscheinungen auf und weisen auf eine ursprüngliche feinere Struktur derselben hin. Da nun von den genannten Reagentien die letzterwähnten, wie gesagt, auch das Protoplasma der Zelle selbst nicht unverändert zu erhalten pflegen, sondern in mehr oder minder ausgedehntem Maasse die feinere Gliederung desselben zerstören, so dürfte eine gleiche, tief eingreifende und zerstörende Wirkung dieser Reagentien auch bei den Chromatophoren anzunehmen sein, und liegt es nahe, der Einwirkung der Pikrinsäure, die auch sonst die Gestalt des Protoplasmas meist vortrefflich zu erhalten pflegt, auch hier ein grösseres Zutrauen zu schenken. Die schwammig-porösen Gestalten der Chromatophoren, die durch Salzsäure, Alkohol u. s. w. erhalten werden, glaube ich deshalb nicht als den Ausdruck der ursprünglichen Struktur der lebenden Chromatophoren anerkennen zu können; dagegen scheint mir das mittelst Pikrinsäure gehärtete Material diese ursprüngliche Struktur ziemlich unverändert bewahrt zu haben. Die Untersuchung dieses Materiales aber zeigt mir, dass die Grundsubstanz der Chromatophoren bisweilen eine deutlich feinnetzige Struktur besitzt, in der Mehrzahl der Fälle aber nur eine feinpunktirte Beschaffenheit erkennen lässt, die bald derber, bald feiner ausgesprochen ist, bald kaum noch deutlich erkannt werden kann, in anderen Fällen sich sogar noch vollständig der Sichtbarkeit entzieht. — Es liegt nahe anzunehmen, dass diese Punktirung allgemein auf einer sehr feinen Netzstruktur[1]) mit sehr zahl-

1) Diese Annahme einer sehr feinen Netzstruktur der Chromatophoren erlaubt auch eine sehr einfache Erklärung der Entstehung jener schwammig-porösen Gestalten, die bei langsamerem Absterben der Chromatophoren entstehen. Unter der Einwirkung des Reagens nämlich reissen zunächst die Stränge des Netzwerkes hier und da entzwei, die benachbarten Maschenräume schliessen seitlich mit einander zu immer grösseren Maschenräumen zusammen, bis schliesslich der ganze Körper unter der fortdauernden Einwirkung des Reagens zu einem grobmaschigen, schwammig-porösen Gebilde erhärtet. (Das gleiche kann man vielfach direkt beobachten bei der Einwirkung eines der genannten Reagentien auf lebende Zellen mit deutlich netziger Struktur des Protoplasmas.) Die Einwirkung der Pikrinsäure aber würde sich dadurch von derjenigen

reichen, mehr oder minder engen Maschenräumen beruht, analog wie bei dem Protoplasma selbst, das zuweilen deutlich eine derartige Netzstruktur besitzt, vielfach jedoch nur eine Andeutung dieser Struktur in Form einer sehr feinen Punktirung wahrnehmen lässt [1]).

Ihrer chemischen Zusammensetzung nach besteht nun die farblose Grundsubstanz der Chromatophoren aus einer Substanz, welche der Substanz des Protoplasmas sehr nahe steht. Alle färbenden Reagentien, welche das gehärtete Protoplasma tingiren, färben auch in gleicher Weise, nur meist schneller und intensiver, die gehärtete Grundmasse der Chromatophoren (ebenso wie dies ja auch mit der Grundmasse der Zellkerne der Fall ist). Ja vielfach ist die Uebereinstimmung der beiderlei Substanzen so gross, dass es anscheinend allein die grössere Dichtigkeit ist, welche die Grundsubstanz der Chromatophoren von dem umgebenden Protoplasma unterscheidet. Zuweilen aber ist auch dieser Unterschied der Dichte der beiderlei Substanzen so gering, dass es äusserst schwierig wird, an gehärtetem Materiale die farblosen Chromatophoren von dem umgebenden Protoplasma zu unterscheiden, namentlich in den Meristemzellen grösserer Algen, z. B. der Characeen. In solchen Fällen ist es mir vielfach bisher noch nicht möglich gewesen, die Chromatophoren leicht und ohne grosse Mühe sichtbar zu machen, da eben ihre Grundsubstanz mit der Masse des umgebenden Protoplasmas durchaus übereinstimmte und durch keines der angewandten Färbungsmittel eine distinkte Färbung annehmen wollte.

Aus allen diesen Thatsachen aber ergiebt sich, dass die Grundsubstanz der Chromatophoren der Substanz des Protoplasmas sehr nahe steht. Ja ich möchte annehmen, dass diese Grundsubstanz der Chromatophoren nichts anderes darstellt als einen besonders abgegrenzten Theil des

---

der übrigen Reagentien unterscheiden, dass bei ihr die letzte, erhärtende Wirkung sofort eintritt, ohne zur Veränderung der bisherigen Gestalt Zeit zu lassen.

1) Vgl. meine Mittheilungen in den Sitzungsb. der Niederrh. Ges. f. Nat.- u. Heilkunde zu Bonn. Sitzung am 13. Juli 1880.

Protoplasmas, der zu besonderer physiologischer Funktion auch besonders gestaltet und differenzirt ist, dessen ursprüngliches Netzgerüst wesentlich verengt und verdichtet ist.

In der lebenden Zelle bestehen die Chromatophoren der Algen nur in wenigen Fällen aus der vollständig farblosen Grundsubstanz, z. B. in den Meristemzellen oder den Sexualzellen mancher grösseren Algen, wovon weiterhin noch die Rede sein wird. Solche Chromatophoren sind dann auch oft nur schwierig inmitten des umgebenden Protoplasmas der lebenden Zelle zu erkennen. In der grossen Mehrzahl der Fälle aber ist bei den Algen die Grundsubstanz der lebenden Chromatophoren durchtränkt von einer Farbstofflösung, die bald grün (Chlorophoren der Chlorophyceen), bald zinnoberroth (Antheridien-Wandung der Characeen), bald gelbbraun (Bacillariaceen, Phaeophyceen), bald in verschiedenen Farbentönen von rosa, violett, blauroth u. s. w. (Florideen, Bangiaceen, *Porphyridium* und vereinzelte andere Chlorophyceen [1]) tingirt ist.

Diese Farbstofflösung, welche die Grundsubstanz des lebenden Chromatophors durchtränkt, lässt sich bekanntlich aus dem lebenden oder abgestorbenen Chromatophor sehr leicht (durch Alkohol, Aether u. s. w., zum Theil [bei den Florideen] auch schon durch Wasser) ausziehen; doch wird

1) Es finden sich unter den Chlorophyceen vereinzelt Arten, deren Chromatophoren einen entschieden blaugrünen Farbenton besitzen, der von der gewöhnlichen chlorophyllgrünen Färbung wesentlich abweicht. Zu diesen Formen gehören auch einzelne der sog. blaugrünen Zoosporen, die schon mehrmals in der neueren Litteratur erwähnt worden sind. Ich kenne diese blaugrünen Zoosporen seit längerer Zeit, habe aber erst jüngst an Präparaten, die einer meiner Zuhörer mir vorlegte, Gelegenheit gehabt zu constatiren, dass dieselben im hinteren, breiteren Körperende mehrere kleine scheibenförmige Chromatophoren von blaugrüner Farbe besitzen. Ich kann diese Form blaugrüner Zoosporen deshalb nicht zu den Phycochromaceen, sondern nur zu den Chlorophyceen rechnen. — Aehnliche „spahngrüne“ Chromatophoren finden sich auch bei einzelnen der chromatophorenhaltigen Flagellaten, z. B. bei *Cryptomonas ovata* Ehrbg. nach Stein (Infusionsthiere III. Taf. 19. Fig. 25).

sie dabei, wie überhaupt nach dem Absterben der Chromatophoren, sehr leicht verändert und zersetzt. Aber auch noch innerhalb des lebenden Chromatophors ist dieselbe sehr empfindlich gegen intensive Beleuchtung und wird, wie Pringsheim [1]) gezeigt hat, sehr leicht durch helles Sonnenlicht verändert und zerstört. Diese leichte Veränderlichkeit der färbenden Lösung der Chromatophoren macht die Entscheidung der Frage ausserordentlich schwierig, ob dieselbe ausschiesslich aus einem einzelnen flüssigen Farb-

---

1) Pringsheim, Jahrb. für wiss. Botanik XII. p. 326 ff.

Die Versuche Pringsheim's zeigen zugleich, dass die intensive Beleuchtung nicht allein die grüne Farbstofflösung der Chlorophoren sehr leicht zerstört, sondern auch die Chlorophoren selbst sehr rasch tödtet und dabei ihre Grundsubstanz in derselben Weise, wie andere rascher tödtende und erhärtende Reagentien es thun, in fast unveränderter äusserer Gestalt zum Erstarren bringt.

Diese Beobachtungen erklären nun in vortrefflicher Weise eine Erscheinung, die an solchen Meeresküsten, welche ausgiebigeren Schwankungen der Fluthgrenze ausgesetzt sind, beim Einsammeln der Algen sich vielfach bemerkbar macht. An solchen Orten nämlich werden die Algen, die in grösserer Tiefe erwachsen sind, zur Zeit der tiefsten Ebben (wie sie z. B. in der Nordsee und dem Kanal bei Vollmond einzutreten pflegen) an den nunmehr seichteren Standorten einer viel intensiveren Beleuchtung ausgesetzt als zuvor. Die Folge davon ist, dass die Florideen, die vorher eine dunkelrothe Farbe besassen, nunmehr in allen Theilen, die nicht durch andere überhängende Algen vor direkter Beleuchtung geschützt sind, eine hell braungelbe Färbung annehmen. In den Zellen dieser Pflanzen erscheinen die Chromatophoren fast vollständig entfärbt, aber noch in ihrer ursprünglichen Gestalt und Anordnung erhalten, sodass solche Pflanzen sich sehr wesentlich von anderen, zufällig abgestorbenen und entfärbten Individuen unterscheiden. Ich selbst habe während eines Aufenthaltes in Cherbourg solche entfärbten Exemplare aus den Gattungen *Dumontia, Chylocladia, Lomentaria, Rhodymenia, Calliblepharis, Ceramium* u. s. w. in grosser Anzahl beobachtet. Leider war die Zeit meines Aufenthaltes zu kurz, um durch Versuche zu entscheiden, ob die entfärbten Exemplare, wie es den Anschein hatte, in der That noch lebendig waren und an denselben durch Verdunkelung die rothe Farbe wiederhergestellt werden konnte, oder ob hier die helle Beleuchtung ausser der Zersetzung der färbenden Lösung auch noch ein Erstarren und Absterben der Chromatophoren herbeigeführt hatte.

stoff bestehe oder aus einer Lösung des Farbstoffes in einem flüssigen Oele oder aus der Mischung einer solchen Lösung mit anderen flüssigen Substanzen. Und ebenso wird dadurch auch die Entscheidung der Frage, ob jener Farbstoff ein einheitlicher sei oder ein Gemenge mehrerer Farbstoffe, sehr erschwert. Wie diese Fragen aber auch entschieden werden mögen [1]), jedenfalls bildet die Gesammtmasse der färbenden Lösung der Chromatophoren für die morphologische Beobachtung zunächst ein Ganzes, welches gleichmässig die Grundsubstanz der Chromatophoren durchdringt [2]). —

1) Es sollte bei den vorliegenden, rein morphologischen Untersuchungen nicht meine Aufgabe sein, näher auf die angedeuteten Fragen einzugehen und die genauere Zusammensetzung des „Lipochlors“ (vgl. Pringsheim in Jahrb. f. wiss. Botanik XIII. Heft 3. p. 94 des Sep.-Abdr.) der Chlorophoren, resp. der analogen färbenden Lösungen der Erythrophoren, Phäophoren u. s. w. eingehender zu erörtern.

2) Es ist ausserordentlich schwierig, durch direkte Beobachtung zu entscheiden, ob diese färbende Lösung in den lebenden Chromatophoren ausschliesslich das Netzgerüst der Grundsubstanz durchtränkt und färbt oder ob dieselbe als Lösung die Hohlräume dieser Grundsubstanz ausfüllt, diese letztere selbst aber ungefärbt bleibt. An gehärtetem Materiale ist diese Frage natürlich gar nicht zu entscheiden; ebenso wenig aber kann die direkte Beobachtung der Einwirkung von Reagentien auf die lebenden Chromatophoren irgend einen entscheidenden Anhalt darbieten, da ja über den wirklichen Ursprung hervorquellender Tröpfchen von Farbstofflösung bei der ausserordentlich geringen Grösse der betreffenden Maschen und Hohlräume lebender Chromatophoren doch nichts sicheres zu erkennen ist, namentlich wenn es sich um langsam tödtende Reagentien, die mancherlei Umgestaltungen hervorrufen, handelt. Die Untersuchung ist hier vielmehr ausschliesslich auf Beobachtung der lebenden Chromatophoren selbst angewiessen. Diese aber zeigen, wie oben für *Spirogyra* erwähnt ward, in der (grün) gefärbten Körpermasse dunklere Punkte durch ein heller gefärbtes Netzwerk getrennt. Dieses Bild muss aber nach optischen Gesetzen zu Stande kommen, mag nun eine (grün) gefärbte Lösung die Hohlräume eines so ausserordentlich feinen farblosen Netzgerüstes ausfüllen, oder mögen die Hohlräume eines (grün) gefärbten Netzgerüstes von farbloser Flüssigkeit erfüllt sein. Eine bestimmte Entscheidung vermag ich somit aus den bisher vorliegenden Beobachtungen nicht zu entnehmen.

VI.

Ausser dieser mehr oder weniger deutlich hervortretenden feineren Struktur lassen zahlreiche Chromatophoren keine weiteren Eigenthümlichkeiten des inneren Baues wahrnehmen. Solcher Art sind die Chromatophoren der meisten Florideen, zahlreicher (vielleicht sämmtlicher) Phaeophyceen, sämmtlicher Characeen, zahlreicher Bacillariaceen (sämmtlicher bisher untersuchter Süsswasserformen und zahlreicher Meeresformen [Fig. 17]) und einzelner anderer Chlorophyceen aus den Gattungen *Microspora*, *Oocystis*, *Chroolepus*, — *Vaucheria*, *Derbesia* (*neglecta*), *Udotea*, *Halimeda*, *Codium*, *Botrydium* u. a. Bei anderen Algen aber tritt noch eine eigenartige Bildung hinzu in Gestalt von ein oder mehreren, meist kugeligen Körpern, welche der Grundmasse des Chromatophors ebenso eingelagert sind, wie die Nukleolen der Grundmasse des Zellkerns. Diese Körper, die gleichsam die Kerne der Chromatophoren darzustellen scheinen, seien im Folgenden mit dem Namen Pyrenoide (πυρὴν Kern) bezeichnet.

In der einfachsten Form erscheinen solche Pyrenoide bei einer grossen Anzahl mariner Bacillariaceen. So bilden die Chromatophoren von *Achnanthes longipes* (Fig. 8 und 9) kleine rundliche Scheibchen mit je einem kugeligen Korn in der Mitte, das durch etwas stärkere Lichtbrechung deutlich hervortritt. Noch deutlicher aber machen sich durch noch intensivere Lichtbrechung die kugeligen Körner bemerkbar, welche einzeln die Mitte des Mittelstücks der beiden eigenthümlich gestalteten Chromatophoren von *Licmophora flabellata* [1]) einnehmen (Fig. 1 u. 2). Auch hier

Doch glaube ich aus der Gesammtheit meiner Beobachtungen über die Chromatophoren die Annahme herleiten zu sollen, dass die netzig-poröse Grundsubstanz der Chromatophoren selbst von Farbstoff durchdrungen sei, nicht aber eine gefärbte Lösung die Hohlräume dieses Gerüstes erfülle.

1) Von *Licmophora flabellata* sind die Pyrenoide der beiden Chromatophoren bereits in der alten Abbildung von Smith (Synopsis of the British Diatomaceae Taf. 26) deutlich wiedergegeben, während der Text des Buches nichts davon erwähnt. Auch sonst habe ich

bilden sie vollständig kugelige Gestalten aus sehr dichter, stark lichtbrechender, farbloser Substanz. Aehnliche Pyrenoide kehren dann wieder in den analog gestalteten beiden Chromatophoren von *Achnanthes subsessilis* (Fig. 10)[1]), den ähnlich gestalteten zahlreicheren Chromatophoren mancher Arten von *Homoiocladia* und *Eunotia* und bei anderen marinen Bacillariaceen, während ich solche Bildungen bei Arten des süssen Wassers noch niemals beobachtet habe.

An diese einfachsten Fälle reihen sich dann die sternförmigen Chromatophoren von *Porphyridium* (Fig. 23) und sämmtlicher Gattungen der Bangiaceen (*Bangia*, *Por-*

---

mich bisher in der Litteratur vergebens nach einer Erwähnung dieser eigenthümlichen Gebilde vieler mariner Bacillariaceen umgesehen.

Diese eigenthümlich gestalteten Chromatophoren von *L. flabellata* erlauben auch eine sehr leichte Unterscheidung dieser Species von *L. splendida* (mit zahlreichen kleinen Chromatophoren-Scheibchen), welche Rabenhorst (Flora europ. algarum aq. dulcis et subm. I. p. 299) mit jener zu einer Art *L. argentescens* Ag. zusammengefasst hatte.

1) Die beiden genannten marinen Arten von *Achnanthes*, *A. longipes* und *A. subsessilis*, unterscheiden sich wesentlich im Bau der Chromatophoren. Bei ersterer Art finden sich mehrere kleinere wandständige Scheibchen, letztere Art dagegen besitzt zwei Chromatophoren von der Art der Doppelplatten von *Licmophora flabellata*. *Achnanthes exilis* des süssen Wassers besitzt sogar nur ein einzelnes plattenförmiges Chromatophor, welches der oberen, convexen Schale innen angelagert ist.

Dieser Fall der Gattung *Achnanthes* mag zugleich als ein Beispiel dafür angeführt sein, dass bei den Algen die Struktur der Chromatophoren keineswegs stets bei sämmtlichen Species einer und derselben Gattung die gleiche ist. Es ist dies in der Mehrzahl der Gattungen allerdings der Fall, allein es giebt doch auch Ausnahmen von dieser Regel (namentlich wollen sich häufig die marinen Bacillariaceen dem Gattungsschema der Süsswasserformen nicht recht fügen), wie das vorliegende Beispiel zeigt, Ausnahmen, die wegen der sonstigen grossen Uebereinstimmung der betreffenden Arten nicht wohl eine Vertheilung derselben in mehrere Gattungen zulassen (vgl. auch *Licmophora flabellata* und *splendida* [vorige Anm.] und ebenso die beiden oben [p. 19 Anm.] erwähnten Arten von *Striatella*).

phyra [1]), *Erythrotrichia, Goniotrichum*) mit je einem dicken gerundeten Pyrenoid in der Mitte. Desgleichen enthalten auch die excentrisch sternförmigen Chromatophoren der Nemalieen (*Chantransia, Nemalion, Helminthocladia* (Fig. 12), *Helminthora, Liagora*) ein derartiges, ziemlich grosses, kugeliges Pyrenoid im Inneren des Mittelstücks eingelagert, während bei allen übrigen Florideen, die ich bisher habe untersuchen können, Pyrenoide niemals mit Sicherheit nachgewiesen werden konnten.

Die letzterwähnten Pyrenoide der Nemalieen erscheinen nicht selten in eigenthümlicher Weise complicirt. In den Zellen dieser Pflanzen (z. B. *Nemalion, Helminthocladia*) entstehen, wie bei den meisten Florideen, früher oder später zahlreiche Körner von Florideenstärke. Diese Stärkekörnchen nun häufen sich zunächst rings um das kugelige Mittelstück des Chromatophors zu einer hohlkugeligen Schicht an, welche diesem Mittelstück mit seinem Pyrenoid dicht anliegt und nur von den auswärts strahlenden bandförmigen Fortsätzen des Chromatophors durchsetzt

---

1) Nach Berthold (Zur Kenntniss der Siphoneen und Bangiaceen in Mittheil. der Zoolog. Station zu Neapel 1880. Heft 1. p. 79—80) besitzen die Zellen von *Porphyra leucosticta* eine ganz andere Struktur. „Der Inhalt der vegetativen Zellen besteht aus einem blaugrünen mehr oder weniger schwärzlich oder röthlich gefärbten homogenen Plasma, welches in der Mitte der Zelle oder an einer Stelle der Wand eine grössere Anhäufung bildet, die den Zellkern umschliesst. Von dieser Anhäufung gehen radienartig dickere Stränge nach der Wandung, woselbst sie sich verbreitern und einen durchbrochenen, farbstoffhaltigen Wandbeleg bilden. Die übrige Inhaltsmasse erscheint als vollkommen farblose klare Flüssigkeit.“

Dieses „homogene Plasma“, welches darnach also die Form eines unregelmässig sternförmigen Körpers besitzen soll, ist aber nichts anderes als das Chromatophor der obigen Darstellung, welches in Wirklichkeit einem farblosen, vakuolenreichen Protoplasma eingelagert ist. Das Mittelstück dieses Chromatophors, jene „grössere Anhäufung“ von Plasma, umschliesst jedoch nicht, wie Berthold meint, den Zellkern, sondern vielmehr ein kugeliges Pyrenoid. Der Zellkern selbst liegt, wie bei allen Bangiaceen, seitlich neben dem Mittelstück des Chromatophors innerhalb des farblosen Protoplasmas und ist von Berthold offenbar übersehen worden.

wird. Dadurch entsteht ganz der Anschein jener Bildung, die bei den grünen Algen unter dem Namen des Amylumheerdes so weit verbreitet ist, von der auch weiterhin noch ausführlicher die Rede sein wird. Doch kommt hier das Ganze in durchaus anderer Weise zu Stande als bei den ächten Amylumheerden.

Einer besonderen Erwähnung bedürfen weiterhin die eigenthümlich gestalteten Chromatophoren von *Striatella unipunctata* (Fig. 26), deren Mittelstücke nicht nur einzelne, sondern mehrere gerundet-keilförmige Pyrenoide einschliessen. Diese Pyrenoide sind hier sogar gewöhnlich sehr zahlreich und dicht zusammengedrängt, sodass sie fast den ganzen Raum des Mittelstücks ausfüllen, und sind der gewölbten Aussenfläche desselben entsprechend zu einer einfachen Schicht angeordnet. Bei regelmässigen Halbsternen schliessen sie demgemäss zu fast halbkugeligen Körpern dicht zusammen, welche bei gleichmässiger Ausbildung beider Halbsterne in der Mitte der Zelle den Zellkern zwischen sich fassen und fast vollständig einschliessen; bei Viertelsternen und unregelmässigeren Gestalten der Chromatophoren aber bilden sie mehr oder weniger regelmässig zusammengeballte Gruppen, welche die Mittelstücke der einzelnen Chromatophoren fast ganz ausfüllen und bei der Betrachtung der ganzen Zelle zunächst ins Auge fallen [1]).

Vergleicht man nun die Anzahl der bisher genannten pyrenoidführenden Algen, die sämmtlich in verschiedenen Abstufungen von roth oder braun gefärbt sind, mit der Gesammtmenge der roth oder braun gefärbten Algen, so zeigt sich diese Anzahl verhältnissmässig gering. Sehr weit verbreitet sind dagegen die Pyrenoide der Chromato-

---

1) Einer weniger genauen Beobachtung erscheinen dann diese Mittelstücke der Chromatophoren mit ihren dicht zusammengedrängten Pyrenoiden leicht als ebensoviele selbständige Zellkerne, die Zellen daher abwechselnd ein- oder mehrkernig. Ich glaube nicht zu irren, wenn ich annehme, dass ganz in derselben Weise auch die Zellkerne von *Rhabdonema arcuatum*, die Lüders (Bot. Zeitung 1862. p. 65—66) beschreibt, und die bald in Einzahl, bald in Mehrzahl vorhanden sein sollen, zu erklären sind. Leider habe ich selbst *Rhabdonema arcuatum* noch nicht lebend angetroffen.

phoren unter den grün gefärbten Algen. Von allen bisher untersuchten Gattungen grüngefärbter Algen fand ich nur die Chromatophoren von *Microspora*, *Oocystis*, *Chroolepus*, *Vaucheria*, *Derbesia neglecta*, *Udotea*, *Halimeda*, *Codium* und *Botrydium* stets frei von Pyrenoiden; bei allen übrigen untersuchten Gattungen aber enthielten die Chromatophoren stets einzelne oder mehrere Pyrenoide. Mag nun auch die fortgesetzte Beobachtung die Anzahl dieser pyrenoidfreien grünen Algen noch vergrössern (namentlich unter den Siphoneen werden voraussichtlich noch mehrere pyrenoidfreie Formen zu finden sein), so bleibt doch die Anzahl der grüngefärbten Algen, deren Chromatophoren Pyrenoide enthalten, weitaus die grössere, das Vorhandensein der Pyrenoide bei grünen Algen weitaus der häufigere Fall [1]).

Unter den grünen Algen mit Pyrenoiden zeigen nun zunächst die Euglenen eine eigenartige Ausbildung. Die unregelmässig sternförmigen Chromatophoren von *Euglena*, die bald in Einzahl (*E. viridis*), bald in Mehrzahl (*E. oxyuris*) in der einzelnen Zelle vorhanden sind, enthalten nämlich innerhalb des unregelmässig kugeligen oder länglichen

1) Es ist eine eigenthümliche Erscheinung, dass diese Pyrenoide, die unter den Chlorophyceen eine so weite Verbreitung besitzen, bei den Phaeophyceen gänzlich fehlen, unter den Rhodophyceen aber nur in der Gruppe der Nemalieen vorhanden sind, derjenigen Gruppe der Florideen, deren Gattungen auch durch den einfachsten Modus der Bildung geschlechtlicher Früchte ausgezeichnet sind.

Ausserhalb der Thallophyten sind Pyrenoide in den Chromatophoren ausserordentlich selten zu finden. Nur in der einfachst organisirten Gruppe der Archegoniaten, den Anthoceroteen, enthalten die Zellen im Inneren des einzelnen scheibenförmigen Chromatophors ein einzelnes kugeliges Pyrenoid mit dicker Stärkehülle (hier, bei *Anthoceros*, früher allgemein als Zellkern beschrieben). Sonst fehlen, so weit meine eigenen Untersuchungen reichen und die vorhandenen Angaben der Litteratur einen Anhalt gewähren, allen übrigen Archegoniaten und sämmtlichen Phanerogamen die Pyrenoide gänzlich. — Sind dieselben im Laufe der Entwicklung des Pflanzenreiches den Chromatophoren verloren gegangen? Oder sind dieselben bei Phanerogamen und Archegoniaten in irgend einer, bisher unerkannten, feineren Vertheilung in den Chromatophoren doch noch vorhanden?

Mittelstückes ein einzelnes Pyrenoid, das oft nur wenig deutlich gegen die dünne Schicht der umgebenden Substanz sich absetzt. Rings um dieses Mittelstück des sternförmigen Chromatophors aber häufen sich zahlreiche Paramylonkörnchen zu einer hohlkugeligen Schicht an, die ganz der hohlkugeligen Stärkeschicht der Nemalieen-Zellen entspricht (Fig. 19 und 20). Dadurch entsteht auch hier bei den Euglenen der Anschein einer Bildung von Amylumheerden, während doch ächte Amylumheerde, ebenso wie ächte Stärkekörner, den Euglenen vollständig fehlen.

So schliessen sich also die Pyrenoide der Euglenen sehr enge den zuvor besprochenen Pyrenoiden der rothen und braunen Algen an. Bei der grossen Masse der übrigen grünen Algen dagegen erscheinen die Pyrenoide in complicirterer Ausbildung. Bei diesen Algen nämlich sind die Pyrenoide, die bald in Einzahl, bald in Mehrzahl in den Chromatophoren auftreten, umhüllt und verdeckt von einer hohlkugeligen Schicht sehr kleiner Stärkekörnchen, mit der sie zusammen die bekannten sog. Amylumkerne, Amylumkugeln oder Amylumheerde darstellen. Nur selten in vollständig stärkefreien Chromatophoren, wie sie gelegentlich, namentlich unter ungünstigen Kulturbedingungen, bei den verschiedensten grünen Algen (*Spirogyra*, *Mesocarpus*, *Urospora* [Fig. 18], *Draparnaldia*, häufig bei *Valonia*, *Bryopsis* [Fig. 21] u. s. w.) beobachtet werden, sind die Pyrenoide vollständig nackt und treten dann als kugelige, hell glänzende, farblose Körner inmitten der grünen Chromatophoren-Substanz hervor. Gewöhnlich ist rings um die Pyrenoide her in der umgebenden Masse des Chromatophors eine Anzahl kleiner Stärkekörnchen angehäuft, welche in einer geschlossenen, hohlkugeligen Schicht die Pyrenoide umhüllen [1]). Dabei sind die Körn-

1) Diese im Allgemeinen kugelige Gestalt der Amylumheerde erscheint nur selten bei den Algen modificirt. So sind bei manchen Palmellaceen die Amylumheerde mehr oder weniger queroval oder länglich gestreckt. Eine ganz eigenthümliche Form des Amylumheerdes aber bildet Stein (Organismus der Infusionsthiere III. Taf. 15) bei *Chlamydomonas monadina* ab. Darnach nämlich besitzt hier der Amylumheerd die Gestalt eines einseitig geöffneten Ringes mit bandartig ausgerecktem und ringförmig eingekrümmtem Pyrenoid.

chen dieser Stärkehülle bald nur klein und zu einer sehr dünnen Hohlkugelschicht verbunden (Fig. 3, 4, 27, 22 3), bald sind dieselben dicker und schliessen zu einer breiten Hüllschicht zusammen (Fig. 5, 22 1, 6–8) oder verschmelzen seitlich vollständig mit einander (Fig. 15).

Solche Amylumheerde sind in den Chromatophoren der meisten grünen Algen verbreitet und zwar in der verschiedensten Anzahl und Gruppirung, die jedoch für die einzelne Algenform charakteristisch ist. So besitzen die sämmtlichen Chromatophoren von *Bryopsis* und *Derbesia* (*marina*), kleine, dicke, ovale Scheibchen, je einen mittleren Amylumheerd (nur ausnahmsweise bei verlangsamter Theilung deren 2, 3 oder 4). Ebenso führen die einzelnen muldenförmig gekrümmten Chromatophoren von *Chlamydomonas*, *Gloeocystis*, *Tetraspora*, *Palmella* und vieler anderer Palmellacen je einen mittleren Amylumheerd mit dickerer oder dünnerer Stärkehülle, die zuweilen auch sehr dünn und rudimentär ausgebildet ist oder zeitweise ganz fehlen kann (ob bei einzelnen derartigen Formen die Stärkehüllen niemals ausgebildet werden, die Pyrenoide also typisch nackt sind, vermag ich noch nicht endgültig zu entscheiden; doch scheint mir dies sehr unwahrscheinlich, obgleich bei manchen Palmellaceen die Chromatophoren in der That gewöhnlich nackt angetroffen werden). Auch die grösseren Chlorophyllscheiben mancher Arten von *Ulothrix* und *Oedogonium* (Fig. 6) führen typisch einen einzelnen mittleren Amylumheerd, ebenso die meisten Arten von *Ulva*, *Enteromorpha*, *Monostroma*, *Coleochaete*, *Pediastrum* u. s. w. Dagegen finden sich in den grösseren scheibenförmigen und dabei meist mannigfaltig gelappten oder durchbrochenen Chromatophoren von *Draparnaldia* (Fig. 13), *Chaeotophora*, *Ochlochaete*, den grösseren Arten von *Ulothrix* und *Oedogonium* (Fig. 5), ferner in den schmalen Bändern und Platten von *Spirogyra* (Fig. 4), *Spirotaenia*, *Pleurotaenium*, *Urospora*, *Mesocarpus* (Fig. 3) gewöhnlich mehrere Amylumheerde in wechselnder Anzahl je nach der Grösse des Chromatophors vertheilt. Den Uebergang von den scheibenförmigen Chromatophoren mit einem einzelnen Amylumheerde zu denjenigen mit mehreren aber bilden

z. B. solche Arten aus den genannten Gattungen *Ulothrix* und *Oedogonium*, deren Fäden eine sehr wechselnde Dicke besitzen, und die entsprechend in den kleineren Zellen der dünneren Fäden Chromatophoren mit einzelnem Amylumheerd, in den Zellen der dickeren Fäden Chromatophoren mit mehreren Amylumheerden enthalten, wie dies z. B. nicht selten bei der gewöhnlichen *Ulothrix zonata* des süssen Wassers der Fall ist. Endlich sind auch die sternförmig gestalteten Chromatophoren der Desmidieen und mancher anderen grünen Algen bald mit einem einzelnen Amylumheerd versehen, bald mit mehreren, die innerhalb des kugeligen oder spindelförmigen Mittelstücks sich vertheilen (*Zygnema* [Fig. 27], *Zygogonium, Schizogonium, Prasiola, Hyalotheca*, [Fig. 22], *Bambusina, Desmidium,* Arten von *Palmogloea* u. s. w. — *Closterium, Penium* u. s. w.).

Unter den bisher beschriebenen Fällen weisen einzelne in der Anordnung und Vertheilung der Amylumheerde innerhalb der Chromatophoren eine grosse, leicht hervortretende Regelmässigkeit auf. In anderen Fällen, namentlich bei grösseren scheibenförmigen Chromatophoren, scheint eine bestimmte Constanz in der Anzahl und Vertheilung der Amylumheerde innerhalb der Zellen einer und derselben Pflanze nicht vorhanden zu sein, so z. B. bei *Draparnaldia* (Fig. 13), den dickeren Arten von *Oedogonium* (Fig. 5) u. s. w. Noch grösser wird nun diese Unregelmässigkeit bei den grösseren, unregelmässig gelappten und durchbrochenen, scheibenförmigen Chromatophoren, von denen band- oder strangförmige Fortsätze in das Zellinnere hinein sich erstrecken wie z. B. bei *Codiolum.* Hier sind zahlreiche Amylumheerde nicht nur in der wandständigen Chromatophorenscheibe regellos angeordnet, sondern ebenso auch in den Fortsätzen in grosser Anzahl vertheilt und bewirken so eine durchaus unregelmässige und schwierig aufzuklärende Gestaltung des „grünen Zellinhaltes" [1]).

---

1) Ich zweifle nach den Abbildungen, die Klebs (Bot. Zeit. 1881. Taf. 3 und 4) von der Zellstruktur seiner Gattung *Phyllobium* giebt, nicht daran, dass bei dieser die Struktur der Chromatophoren ganz analog sei wie bei dem oben beschriebenen *Codiolum* (vgl. namentlich l. c. Taf. IV. Fig. 38 c und Fig. 41).

Eine andere Eigenthümlichkeit zeigen die Chromatophoren in den Zellen der verschiedenen Siphonocladaceen. Bisweilen (*Cladophora arcta* [Fig. 7] u. a.) enthalten hier (wie oben erwähnt) die Zellen ein einzelnes, wandständiges, scheibenförmiges und vielfach durchbrochenes Chromatophor mit zahlreichen Amylumheerden, ähnlich wie bei *Oedogonium* oder *Codiolum.* Bei der grossen Mehrzahl der Arten aber finden sich in der einzelnen Zelle zahlreiche, kleine, scheibenförmige Chromatophoren, zumeist in einfacher wandständiger Schicht, zum Theil aber auch in den Protoplasmasträngen und -Bändern der Zellmitte vertheilt. Diese Chromatophoren bilden Scheibchen von unregelmässig eckigem Umriss und sehr verschiedener Grösse. Eine Anzahl derselben führt einen einzelnen Amylumheerd, die grosse Mehrzahl der Chromatophoren aber entbehrt der Amylumheerde vollständig (Fig. 15). Die Chromatophoren mit Amylumheerd, deren Anzahl eine ziemlich wechselnde ist, sind dabei zuweilen (z. B. *Microdictyon*) ziemlich gleichmässig über den ganzen Raum vertheilt, welchen die Gesammtmasse der Chromatophoren einnimmt, zuweilen auch ist in ihrer Vertheilung gar keine Regelmässigkeit zu erkennen [1]).

---

1) In denjenigen Algenzellen, welche nur ein einzelnes Chromatophor mit einzelnem Pyrenoid resp. Amylumheerd enthalten, kommt es nicht selten vor, dass der Zellkern, der ja, wie oben (p. 22 ff) erwähnt, öfters eine regelmässige und constante Stellung zu den Chromatophoren einnimmt, dementsprechend auch zu dem einzelnen Pyrenoid resp. Amylumheerd in constanter Stellung sich findet. So z. B. zeigen die Zellen der kleineren Oedogonien vielfach den Zellkern auf der Innenseite des wandständigen Chromatophors in nächster Nähe des einzelnen Amylumheerdes (Fig. 6). Allein im Vergleich zn der Gesammtmenge der Algen sind es doch nur einzelne wenige Fälle, in denen eine solche regelmässige Beziehung in der gegenseitigen Stellung von Zellkern und Pyrenoid resp. Amylumheerd hervortritt, und erscheint diese Beziehung dadurch vielmehr als eine rein zufällige Nebeneinanderlagerung, nicht als der Ausdruck eines tieferen Zusammenhangs zwischen beiderlei Gebilden. Bei einer Mehrzahl von Amylumheerden neben einzelnen oder zahlreichen Zellkernen habe ich ohnedies eine solche constante Beziehung

Fast ausnahmslos aber, wie verschieden vertheilt und angeordnet auch diese Pyrenoide resp. Amylumheerde im Inneren des Chromatophors sein mögen, sind dieselben vollständig farblos, nicht von Farbstoff durchtränkt. Die Stärkehülle der Amylumheerde besteht aus dicht gedrängten kleinen Stärkekörnchen, die wie alle Stärkekörner im Inneren der Chromatophoren farblos sind; die Pyrenoide selbst aber stellen farblose kugelige Körper aus dichter, meist ziemlich stark lichtbrechender Substanz dar.

Allerdings ist die Entscheidung dieser letzteren Frage nur bei genauester Untersuchung möglich. Bei Anwendung schwächerer Vergrösserungen erscheinen nämlich diese Pyrenoide deutlich intensiver gefärbt als die umgebende Masse des Chromatophors und sind deshalb bisher auch vielfach bei Chlorophyceen als „Chlorophyllbläschen", die im Inneren des grünen Plasmas der betreffenden Zellen eingeschlossen seien, resp. als die eigentlichen „Chlorophyllkörner" dieser Zellen, welche einem gleichmässig grün gefärbten Zellplasma oder besonderen grünen Plasmabändern oder -Platten eingelagert seien, beschrieben worden [1]). Allein eine genauere Untersuchung mittelst stärkerer Vergrösserungen zeigt deutlich, dass hier farblose kugelige Körper aus dichterer, stark lichtbrechender, ölartig glänzender Substanz vorliegen, welche der Masse der grünen, braunen oder rothen Chromatophoren eingelagert sind: solche Körper müssen ja infolge ihrer starken Lichtbrechung bei

---

der Stellung niemals zu constatiren vermocht, und muss ich auch für *Hydrodictyon utriculatum,* für welche Alge neuerdings Strasburger (Zellbildung und Zelltheilung III. Aufl. p. 65) angegeben hat, dass „im Allgemeinen je ein Zellkern einem Amylumkerne, in dessen Nähe er sich auch mehr oder weniger hält", entspreche, die Regelmässigkeit einer solchen Beziehung in Abrede stellen, da ich selbst in allen untersuchten vegetativen Zellen von *Hydrodictyon utriculatum* stets sehr viel zahlreichere Zellkerne als Amylumheerde und beide ohne jede constante Beziehung zu einander in der wandständigen Protoplasmaschicht vertheilt fand.

1) Naegeli, Gattungen einzelliger Algen p. 11—12, Stärkekörner p. 402 ff.; zuletzt bei Strasburger, Zellbildung und Zelltheilung II. Aufl. p. 38, 84; III. Aufl. p. 179 ff. — Hofmeister (Pflanzenzelle p. 370) betrachtet die Pyrenoide der Zygnemaceen u. s. w. sogar als Vakuolen.

durchfallendem Lichte und bei Anwendung schwächerer Vergrösserungen als dunkler grüne, braune oder rothe Körper inmitten einer hellergefärbten Grundmasse erscheinen und so den Anschein von intensiver gefärbten Körnern erwecken. Und dies bleibt gleichmässig in Geltung, mögen die Pyrenoide nackt oder mit einer Hülle aus ebenfalls stark lichtbrechenden. Stärkekörnchen (an deren Farblosigkeit jedoch a priori Niemand zweifeln wird) versehen sein. Daher ist es leicht erklärlich, dass diese Körner, die „Kerne" der „Amylumkerne" oder „Amylumheerde", wie sie gewöhnlich genannt werden, zumeist als intensiver gefärbt beschrieben worden sind [1]). Eine genauere Untersuchung mittelst stärkerer Vergrösserungen (Oel-Immersion $^1/_{12}$) aber weist dieselben deutlich als farblose kugelige Körper nach.

Nur eine einzige Ausnahme von dieser allgemeinen Regel habe ich bisher zu constatiren vermocht. Bei *Porphyridium cruentum* nämlich fand ich bei Anwendung stärkerer Vergrösserungen inmitten des hellroth gefärbten sternförmigen Chromatophors das einzelne, schwach lichtbrechende kugelige Pyrenoid durch einen sehr schwachen grüngelblichen Farbenton ausgezeichnet. In allen übrigen Fällen aber fand ich bisher die Pyrenoide stets vollständig farblos.

Die Substanz dieser mehr oder weniger regelmässig kugelig abgerundeten Pyrenoide erscheint nun in dem lebenden Chromatophor vollständig homogen. Auch mittelst stärkerer Vergrösserungen (Oel-Immersion $^1/_{12}$ von Seibert) habe ich weder in den stets nackten Pyrenoiden der Bangiaceen, Nemalieen und Bacillariaceen, noch in den gelegentlich nackten Pyrenoiden der meisten Chlorophyceen, geschweige denn in den stärkeumhüllten Stadien der letzteren irgend eine feinere Struktur aufzufinden vermocht, wenn auch oft der matte Glanz dieser Pyrenoide (bei durchfallendem Lichte) den Gedanken nahelegte, dass gleichwohl eine sehr feine innere Differenzirung diesen Körpern eigen sein möchte.

---

1) De Bary, Conjugaten p. 2; Strasburger, Zellbildung und Zelltheilung II. Aufl. p. 85 u. s. w.

An gehärtetem Materiale dagegen tritt vielfach eine innere Differenzirung dieser Pyrenoide hervor. Kleinere und grössere Hohlräume in sehr wechselnder Anzahl und Gruppirung durchsetzen die Masse des Pyrenoids und verleihen dem Ganzen eine grobporöse oder schwammige oder zuweilen auch feinnetzige Struktur [1]). Diese Struktur tritt

---

1) In besonders regelmässiger Ausbildung zeigt sich diese Struktur vielfach bei den Bangiaceen. Hier erscheint nicht selten, z. B. an Spiritus-Material von *Bangia fusco-purpurea*, das Pyrenoid umgewandelt in einen kugeligen Körper von regelmässiger feinporöser oder netzig-schwammiger Struktur, während in anderen Zellen das Pyrenoid eine grobporöse Beschaffenheit aufweist, von grösseren Hohlräumen unregelmässig durchsetzt, oder bis auf geringe Reste oder vollständig aufgelöst ist. Es hängt dieses verschiedene Aussehen offenbar zusammen mit dem Grade des Aufquellens der Pyrenoide, bevor die erhärtende Einwirkung des Alkohols zur Geltung kommen konnte. Bei langsamer Einwirkung des Alkohols hatten die Pyrenoide Zeit, mehr oder weniger vollständig zu verquellen, und erscheinen nun als unregelmässig ausgehöhlte Körper erhärtet; in den rascher gehärteten Zellen aber zeigt sich die Struktur der Pyrenoide viel regelmässiger, oft ganz gleichmässig feinnetzig-porös, in anderen Fällen infolge regelmässiger Gruppirung der feineren oder gröberen Maschenräume auch regelmässig parallelstreifig oder parallelfaserig, sodass man unwillkürlich an die Gestalten erinnert wird, welche viele Zellkerne vor und während der Theilung aufweisen. Gleichwohl glaube ich auch alle diese regelmässigen Strukturen nicht als ursprüngliche ansehen zu dürfen, da ich an gut gehärtetem (Pikrinsäure-) Materiale (jenes Spiritus-Material lässt durchweg die Gestalt der Chromatophoren nicht mehr erkennen und erweist sich schon dadurch als schlecht conservirt) weder von dieser, noch von einer anderen feineren Struktur der Pyrenoide etwas zu unterscheiden vermag.

Dadurch ist jedoch noch keineswegs ausgeschlossen, dass nicht dennoch diesen Pyrenoiden eine feinere Struktur und zwar eine sehr feinnetzige Struktur wirklich zukommt, eine Struktur, zu fein als dass sie mit den bisherigen optischen Mitteln direkt erkannt werden könnte, oder zu leicht zerstörbar, sodass auch die Pikrinsäure dieselbe nicht schnell genug zu erhärten und zu erhalten vermag. Es könnten dann jene beschriebenen feinporösen Pyrenoide des Alkohol-Materiales von *Bangia* einem ersten Stadium der Desorganisation dieser ursprünglichen Struktur entsprechen. —

Im hyalinen Protoplasma mancher Algenzellen beobachtet man

deutlich hervor bei der Anwendung der verschiedenartigsten Reagentien, Alkohol, Pikrinsäure, Chloralhydrat u. s. w. Allein sie ist niemals constant und in gleicher Ausbildung an den sämmtlichen Pyrenoiden desselben Entwicklungszustandes der Alge wahrzunehmen; vielmehr finden sich stets die verschiedenartigsten Gestalten in buntester Abwechselung neben einander. Aus diesem Grunde glaube ich alle diese verschiedenartigen Strukturen nicht als prä-

---

nicht selten ähnliches. So zeigt sich z. B. das wandständige Protoplasma lebhaft vegetirender Exemplare von *Bryopsis plumosa*, die mittelst Pikrinsäure rasch gehärtet worden sind, sehr fein und zierlich netzig-porös; an anderen Exemplaren dagegen, die unter ungünstigen Bedingungen (z. B. in Seewasser, das infolge der Verdunstung salzreicher wurde) vegetirten und dann ebenfalls in derselben Weise rasch gehärtet wurden, hatte sich diese feinnetzige Struktur in eine grobnetzige bis grobschwammige umgewandelt. Dieselben Veränderungen habe ich auch unter denselben Umständen bei marinen Arten von *Cladophora* constatiren können. In ähnlicher Weise auch sah ich an Präparaten, die mir einer meiner Zuhörer vorlegte, das bisher anscheinend homogene Protoplasma lebender Zellen von *Spirogyra* infolge der Kultur der Fäden zwischen feuchtem Filtrirpapier in eine sehr regelmässig und sehr zierlich netzige Masse umgeändert. In allen diesen Fällen aber hatte sich das im normalen Zustande feinnetzige Protoplasma in eine grobnetzige, mehr oder weniger schaumig-poröse Substanz umgewandelt.

In ebensolcher Weise möchte nun vielleicht auch die poröse Substanz jener gehärteten Pyrenoide von *Bangia* durch allmähliche Desorganisation aus einer ursprünglich sehr feinnetzigen Masse hervorgegangen sein. Allein bisher bin ich nicht im Stande, diese Vermuthung durch irgend welche direkten Beobachtungen zu bestätigen. —

Doch auch noch in einer anderen Weise kann zuweilen der Anschein einer feineren Struktur der Pyrenoide hervorgerufen werden. An gut gehärtetem Pikrinsäure-Material von *Licmophora flabellata* fand ich nämlich nicht selten bei Untersuchung mittelst stärkerer Vergrösserungen die kugeligen, ziemlich dichten Pyrenoide anscheinend ganz deutlich in radialer Richtung sehr fein gestreift. Die Streifen verliefen von der Peripherie aus nicht genau in radialer Richtung, sondern sämmtlich ein wenig von dieser Richtung abgelenkt, in ähnlicher Weise, wie dies Rosanoff für die Chlorophyllkörper von *Bryopsis plumosa* abgebildet hat (Hofmeister, Pflanzenzelle p. 369. Fig. 2, 3 und 5), sodass ich in der That zuerst glaubte, eine analoge feinere Struktur wie in jenen Chromatophoren (von

existirend ansehen zu dürfen. Ich sehe darin vielmehr ausschliesslich Wirkungen der angewandten Reagentien, welche die ursprüngliche Struktur der lebenden Pyrenoide verändert und umgestaltet haben.

Eine feinere Struktur im Inneren der Pyrenoide vermag ich somit bisher noch in keinem einzigen Falle wirklich nachzuweisen, wenn ich auch das Vorhandensein einer solchen Struktur aus mancherlei Gründen für sehr wahrscheinlich halte.

In der lebenden Zelle erscheinen die Pyrenoide der verschiedenen Algen von sehr verschiedenem Glanze. In manchen Fällen sehr stark lichtbrechend (wie z. B. in den Zellen von *Licmophora flabellata*) können sie in anderen Fällen in ihrer Lichtbrechung fast vollständig der umgebenden Substanz des Chromatophors gleichkommen und demgemäss in der lebenden Zelle öfters nur sehr schwierig als wohl abgegrenzte kugelige Körper zu erkennen sein (z. B. bei *Euglena*, bei *Porphyra* und *Bangia*, bei *Nemalion* und *Helminthocladia*). Ja es kann der Grad der Lichtbrechung bei einer und derselben Algenspecies in ziemlich beträchtlichem Grade wechseln, der Glanz der sonst deutlich hervortretenden Pyrenoide in einzelnen Fällen ein so geringer werden, dass dieselben nur sehr schwierig von der umgebenden Chromatophorensubstanz zu unterscheiden sind (z. B. in stärkefreien Fäden von *Spirogyra*). In solchen Fäden entsteht dann leicht der Anschein, als ob eine Auflösung der Pyrenoide stattgefunden habe, während diese einfach nur undeutlicher und schwieriger erkennbar

denen weiterhin noch die Rede sein wird) für die Pyrenoide von *Licmophora flabellata* constatiren zu können. Allein bei genauerem Studium der fraglichen Erscheinung mittelst stärkster Vergrösserungen (Oel-Immersion $^1/_{18}$ von Zeiss) fand ich schliesslich, dass diese feine Zeichnung nicht den Pyrenoiden selbst zukommt, sondern der Schicht des Chromatophors, welche das Pyrenoid unmittelbar umgiebt. Hier aber wird dieselbe in der That wie bei *Bryopsis* durch regelmässig angeordnete feinste Hohlräume verursacht. Die Pyrenoide selbst liessen bei genauester Prüfung ebensowenig wie in den übrigen untersuchten Fällen eine feinere Struktur erkennen.

geworden sind, wie dies namentlich häufig bei der Bildung der Zoosporen der Fall zu sein pflegt [1]). —

Mit der Verschiedenheit der Lichtbrechung geht dann Hand in Hand ein verschiedenes Verhalten der Pyrenoide gegenüber der Einwirkung von Reagentien. Bei *Spirogyra* coaguliren die Pyrenoide in Zellen, die im Wasser durch mechanische Eingriffe verletzt werden, unter der Einwirkung des Wassers zu unregelmässigen, homogenen, selten etwas porösen Klumpen, die in Wasser zunächst sich nicht auflösen, während die Stärkekörnchen der Stärkehülle durch das Aufquellen der Chromatophorensubstanz etwas in Unordnung gerathen [2]). Ebenso verhalten sich, soweit

---

1) Diese Verringerung der Lichtbrechung hat wohl unzweifelhaft in einer Abnahme der Substanzmenge ihren Grund. Dieselbe kann in manchen Fällen sehr weit gehen, sodass es sehr schwierig wird, von dem Vorhandensein der Pyrenoide sich zu überzeugen wie z. B. bei *Euglena viridis*; allein bisher habe ich noch keinen einzigen Fall aufzufinden vermocht, in dem zweifellos die Abnahme der Substanz bis zum völligen Schwinden derselben fortgeschritten wäre.

Diese Verringerung der Lichtbrechung bei den Pyrenoiden mancher Algen, bei denen dieselben sonst deutlich und leicht erkennbar hervortreten, legt auch den Gedanken nahe, dass manche Algenformen, deren Chromatophoren anscheinend der Pyrenoide gänzlich entbehren, dennoch Pyrenoide von sehr geringer Dichte besitzen möchten, sodass sie von ihrer Umgebung nicht unterschieden werden können. Namentlich drängt sich dieser Gedanke in solchen Fällen auf, wo Arten einer und derselben Gattung theils Pyrenoide besitzen, theils derselben entbehren, wie dies bei den Bacillariaceen (*Achnanthes, Licmophora* u. a,) nicht selten der Fall ist. Es ist deshalb auch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass in einzelnen der Fälle, die oben als pyrenoidfrei beschrieben worden sind, dennoch Pyrenoide noch nachgewiesen werden möchten. Allein in anderen Fällen erscheint mir diese Annahme doch sehr unwahrscheinlich, da ich vielfach (z. B. in den Chromatophoren der Phaeophyceen und der meisten Florideen) trotz aller aufgewandten Mühe nicht im Stande war, innerhalb der Chromatophoren besondere Pyrenoide, seien dieselben auch von äusserst geringer Dichte der Substanz, nachzuweisen.

2) Nach Hofmeister (Pflanzenzelle p. 370) schwellen bei Zutritt von Wasser die „Vakuolen" im Inneren der „Amylumkugeln"

meine Beobachtungen reichen, die Pyrenoide der meisten übrigen grünen Algen bei der Einwirkung von Wasser. Die Härtungsmittel des Protoplasmas, Alkohol, Pikrinsäure u. s. w., erhärten dagegen das Pyrenoid dieser Algen [1]) in mehr oder weniger unveränderter kugeliger Gestalt zu einem dichten Körper, der, mehr oder weniger stark lichtbrechend, bald deutlicher, bald weniger deutlich hervortritt.

Wesentlich anders aber verhalten sich die Pyrenoide der meisten Bangiaceen und Nemalieen. Bei diesen Algen nämlich quellen die Pyrenoide bei Einwirkung von süssem Wasser, Spiritus, verdünnter Essigsäure u. s. w. auf und vertheilen sich schliesslich vollständig in dem umgebenden Lösungsmittel. Namentlich deutlich konnte ich bei *Nemalion multifidum* und *Helminthocladia purpurea* beobachten, wie unter der Einwirkung des süssen Wassers das Pyrenoid zu einem dicken Tropfen aufquillt, der, durch Aufnahme des leicht löslichen rothen Farbstoffs der absterbenden Chromatophoren rosenroth gefärbt, einseitig das Chromatophor durchbricht und sich in den mittleren Zell-

---

von *Spirogyra* ebenso wie bei anderen grünen Algen ein wenig an „und entfernen die Körner des sie umgebenden Amylum etwas von einander“.

An Chromatophoren von *Spirogyra*, die infolge der direkten Einwirkung von Wasser aufgequollen sind, lassen sich öfters die Pyrenoide direkt nur äusserst schwierig erkennen. Erhärtet man dagegen solche Chromatophoren nachträglich noch mittelst concentrirter Pikrinsäure, so treten die Pyrenoide deutlich hervor und zeigen, dass sie keineswegs durch die Einwirkung des Wassers verquollen oder aufgelöst sind.

Nur vereinzelt fand ich an Zellen von *Spirogyra*, die durch mechanische Eingriffe innerhalb des Wassers abgestorben waren, in den wurstförmig aufgequollenen Chromatophoren die Substanz der Pyrenoide verschwunden, ihre Stelle durch Hohlräume ersetzt. Ich habe nicht festzustellen vermocht, warum in diesen Fällen die Substanz der Pyrenoide sich in Wasser aufgelöst hatte, während sie in der Mehrzahl der Fälle zu einem dichten Körper coagulirt war.

1) Die Pyrenoide der Euglenen habe ich hinsichtlich ihres Verhaltens gegen Reagentien nicht genauer untersucht, doch schien mir aus verschiedenen Beobachtungen hervorzugehen, dass sie in dieser Beziehung mehr den Pyrenoiden der Bangiaceen und Nemalieen, als denjenigen der meisten grünen Algen sich anschliessen.

raum hinein ergiesst, um schliesslich durch die Zellwand hindurch langsam in dem umgebenden Wasser sich zu vertheilen. — Auch bei den Bacillariaceen (z. B. *Licmophora flabellata*) quillt beim Abtödten der Zellen mittelst süssen Wassers das Pyrenoid auf, wird jedoch hier zumeist schon durch Spiritus in unveränderter Gestalt erhärtet. — Bei rascher Einwirkung stärkerer Härtungsmittel (z. B. concentrirter Pikrinsäure) aber wird sowohl in den Amylumheerden der Chlorophyceen, als auch bei den Bacillariaceen, Bangiaceen und Nemalieen das Pyrenoid zu einem kugeligen Körper coagulirt und erhärtet, der in Wasser zunächst nicht löslich ist [1]).

---

1) Uebrigens ist die Einwirkung der härtenden Reagentien auf die Pyrenoide der verschiedenen Arten der Bangiaceen und Nemalieen keineswegs eine vollständig übereinstimmende. Während nämlich bei *Nemalion multifidum* und *Helminthocladia purpurea* die Pyrenoide in Wasser, Spiritus u. s. w. sehr leicht aufquellen und ihre Substanz vertheilen und auch durch rascher tödtende Reagentien (z. B. Pikrinsäure) nur dann in unveränderter äusserer Gestalt gehärtet werden, wenn diese Reagentien unmittelbar und in concentrirter Lösung auf die betreffende Zelle einwirken, so lassen sich die Pyrenoide der marinen *Chantransia*-Arten viel leichter erhärten und sind meist auch an Spiritusmaterial wohl erhalten. Ebenso sind bei den verschiedenen Arten der Bangiaceen Differenzen der Pyrenoide in dieser Beziehung hervorzuheben. Denn während in den Fäden von *Erythrotrichia ceramicola*, welche ich in Spiritus gehärtet hatte, in verschiedenen Zellen die Pyrenoide vollständig erhalten blieben, fand ich bei *Bangia fusco-purpurea* in Spiritus-Material die Pyrenoide theils ganz gelöst, theils zu einer mehr oder weniger schwammig-porösen Masse erhärtet. Beim Härten mittelst Pikrinsäure aber waren in den Zellen derselben *Bangia* und ebenso in den Zellen von *Porphya laciniata* und *leucosticta* die Pyrenoide bald vollständig erhalten, bald (offenbar wegen zu langsamer Einwirkung der Pikrinsäure auf die lebenden Zellen) zu einem schwammig-porösen Körper mit besonders lockerer Mitte umgewandelt. Sehr leicht und vortrefflich dagegen liessen sich stets die Pyrenoide von *Goniotrichum elegans* (und ebenso von *Porphyridium cruentum*) mittelst Pikrinsäure erhärten.

Zu einer specielleren chemischen Kenntniss der Pyrenoide dieser Algengruppen bedarf es jedenfalls noch eingehender Untersuchungen an lebendem Materiale, wozu mir zur Zeit vollständig die Gelegenheit fehlt.

Diese gehärteten Pyrenoide erscheinen im Allgemeinen als ziemlich stark lichtbrechende, glänzende Körper, analog den gehärteten Nukleolen der Zellkerne; nur in einzelnen Fällen, z. B. bei manchen Euglenen, bei den Nemalieen und Bangiaceen, ist ihre Lichtbrechung eine ziemlich geringe und unterscheidet sich nur wenig von der Lichtbrechung der umgebenden Substanz des Chromatophors. Auffallende und constante Unterschiede im Aussehen der gehärteten Massen je nach der Natur des angewandten Härtungsmittels habe ich nicht zu constatiren vermocht, ausser dass beim Tödten der lebenden Zelle mittelst verdünnten Chloralhydrates die Pyrenoide der grünen Algen (ebenso wie die Nukleolen derselben) zu besonders dichten und glänzenden Körpern [1]) sich zusammenzuballen pflegten (bei Einwirkung concentrirter Lösungen von Chloralhydrat werden die Pyrenoide [z. B. bei *Spirogyra*] aufgelöst). Alle diese gehärteten Massen aber sind in Wasser, Alkohol uud Glycerin unlöslich, in gleicher Weise wie die gehärteten Nukleolen der Zellkerne; dagegen gelang es mir, dieselben (und gleichzeitig auch die gehärteten Nukleolen der Zellkerne derselben Zellen) bei *Spirogyra* durch längere Einwirkung der Schultze'schen Macerations-Flüssigkeit (chlorsaures Kali und Salpetersäure) zur Auflösung zu bringen, während die Chromatophoren selbst noch vollständig erhalten blieben. Eingehendere Untersuchungen über die Löslichkeitsverhältnisse der gehärteten Pyrenoide anzustellen, lag jedoch nicht in meiner Absicht. —

Dagegen seien über das Verhalten der genannten Körper gegen Farbstoffe noch einige Angaben hier beigefügt. Die gehärteten Pyrenoide nämlich werden fast ausnahmslos durch diejenigen organischen Farbstoffe, welche die Chromatinkörper der Zellkerne färben (Hämatoxylin,

---

1) Durch diese Eigenschaft wird die verdünnte Lösung von Chloralhydrat zu einem vielfach sehr werthvollen Mittel, in solchen Fällen, in denen in den lebenden Chromatophoren die Pyrenoide nur schwierig und undeutlich zu erkennen sind, dieselben deutlich hervortreten zu lassen.

Karmin u. s. w.) sehr leicht und sehr intensiv gefärbt, meist viel leichter und intensiver als das Protoplasma und ebenso auch viel leichter und intensiver als die Grundsubstanz der Chromatophoren derselben Zelle (doch sind auch zuweilen, z. B. bei *Euglena*, die Pyrenoide gegen jene Farbstoffe sehr unempfindlich). Sie verhalten sich überhaupt gegen diese Färbungsmittel ganz analog wie die Chromatinkörper der Zellkerne.

Im Einzelnen allerdings ist die Tingirbarkeit der gehärteteten Pyrenoide eine ziemlich ungleiche; dieselbe Färbung, welche die Pyrenoide der einen Alge sehr intensiv tingirt, färbt nicht selten diejenigen einer anderen Algenspecies desselben Untersuchungsmateriales viel weniger oder fast gar nicht. Allein dieselben Differenzen bieten ja auch die Chromatinkörper der verschiedenen Zellkerne dar. Ferner nähert sich zwar die Färbung der Pyrenoide im Allgemeinen sehr der Färbung der Chromatinkörper des Zellkerns derselben Zelle, allein der Farbenton der ersteren steht doch gewöhnlich an Intensität hinter der Färbung der Chromatinkörper merklich zurück, die Färbung des Pyrenoids pflegt im Allgemeinen langsamer einzutreten als die Färbung der Chromatinkörper. Doch treten zuweilen auch an gefärbten Zellen die Pyrenoide durch weit dunklere Färbung hervor als die Chromatinkörper der Zellkerne (sehr deutlich z. B. an Pikrin-Hämatoxylin-Präparaten von *Licmophora flabellata*). Im Allgemeinen aber verhalten sich die gehärteten Pyrenoide gegen die genannten Farbstoffe ganz analog wie die Chromatinkörper der Zellkerne. —

So ungenügend nun auch die angegebenen Momente für eine genauere chemische Kenntniss der Pyrenoide (deren genauere Feststellung auch nicht im Plane meiner Untersuchungen gelegen hatte) sein mögen, so weisen dieselben in ihrer Gesammtheit doch, wie mir scheint, bereits deutlich darauf hin, dass die Substanz der Pyrenoide ihrer chemischen Natur nach der Substanz der Chromatinkörper (resp. der Nukleolen) der Zellkerne sehr nahe stehe und der gleichen Stoffgruppe wie diese angehöre, obwohl über die specielle Natur dieser Substanz (die bei verschiedenen Algen auch kaum völlig chemisch identisch sein

dürfte, ebensowenig wie die Substanz der Chromatinkörper) zur Zeit noch kaum etwas bestimmtes angegeben werden kann [1]).

VII.

Diese Pyrenoide sind, wie bereits erwähnt, in vielen Fällen einfach der Substanz der Chromatophoren eingelagert. Bei den meisten grünen Algen aber sind sie von einer hohlkugeligen Stärkehülle umschlossen. Von dieser Stärkehülle ward schon oben erwähnt, dass sie einfach aus einer Schicht kleiner Stärkekörnchen besteht, welche der Chromatophoren-Substanz, die unmittelbar das Pyrenoid umgiebt, eingelagert sind. Dies lässt sich leicht

---

1) In jüngster Zeit hat Zacharias (Bot. Zeitg. 1881. p. 169 ff.) den Nachweis zu führen gesucht, dass die Zellkerne phanerogamer Pflanzen ebenso wie die Zellkerne thierischer Zellen „ihrer Hauptmasse nach aus einem Körper, welcher die Reactionen des Nucleins zeigt" (p. 171), bestehen. Zacharias geht dabei auf die einzelnen Theile des ruhenden Zellkerns, Grundsubstanz und Chromatinkörper, nicht weiter ein, fügt jedoch am Schlusse seines Aufsatzes auf Grund der Untersuchung einiger Kerntheilungsfiguren die Behauptung hinzu (p. 175): „Die tingirbare Kernsubstanz, welche nach Strasburger in ihrer ganzen Masse zur Bildung der Kernplattenelemente verbraucht wird, ist identisch mit dem Nuclein."

Sollte es sich in der That bei fortgesetzter Untersuchung bestätigen, dass allgemein die Chromatinkörper der Zellkerne (denn damit fällt die tingirbare Kernsubstanz Strasburger's zusammen) „ihrer Hauptmasse nach" aus Nuclein bestehen (als „identisch mit dem Nuclein" dürfte die Substanz der Chromatinkörper wohl kaum sich herausstellen, darauf weisen die Unterschiede der Löslichkeitsverhältnisse wohl schon mit genügender Deutlichkeit hin), so wird sich voraussichtlich auch die Substanz der Pyrenoide der Hauptmasse nach aus einem nucleinartigen Körper gebildet erweisen, da dieselben in so zahlreichen Punkten mit den Chromatinkörpern der Zellkerne übereinstimmen. Die verschiedene Löslichkeit, welche, wie oben erwähnt, den Pyrenoiden verschiedener Zellarten eigen ist, dürfte alsdann vielleicht in einer spezifischen Verschiedenheit der einzelnen Nucleinsorten, die in Betracht kommen, ihren Grund haben.

feststellen, wenn man lebende Zellen mittelst concentrirter Pikrinsäure erhärtet und die vollständig mit Wasser ausgewaschenen Präparate durch Hämatein-Ammoniak färbt [1]). Da zeigt sich dann deutlich bei der Untersuchung der Präparate in Glycerin oder (um die störende Wirkung der starken Lichtbrechung der Stärkekörner unschädlich zu machen) in ätherischem Oel, dass die Körnchen der Stärkehülle ausserhalb des intensiv gefärbten Pyrenoids gelegen sind (Fig. 3, 4, 5, 6, 7, 13, 15, 22, 27) im Inneren der Grundsubstanz des Chromatophors, welche die hohlkugelige Schicht der Stärkekörnchen (in einzelnen Fällen [Fig. 27] sehr deutlich) noch in dünner Lage innen auskleidet und so von dem Pyrenoid selbst trennt [2]).

Rings um die hohlkugelige Schicht der Stärkehülle erscheint vielfach, doch keineswegs immer, die Grundmasse des Chromatophors dichter als in den übrigen Theilen desselben und setzt sich dadurch häufig als eine besondere Umhüllungsschicht des Amylumheerdes deutlich ab. Doch fehlt eine solche Umhüllungsschicht auch nicht selten vollständig (sogar bei derselben Algenspecies, bei der sie in anderen Fällen beobachtet wird, z. B. *Mesocarpus scalaris*), und jedenfalls steht sie auch in denjenigen Fällen, in denen sie deutlich hervortritt, in unmittelbarem

---

1) Die genauere Beschreibung dieser Präparationsmethode habe ich in den Sitzb. d. niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn. 1880 (Sitzung am 13. Juli) p. 160—161 mitgetheilt.

2) Dieses Resultat widerspricht durchaus den bisherigen Angaben über den Bau der sog. „Amylumkerne" (vgl. de Bary, Conjugaten p. 2, Strasburger, Zellbildung und Zelltheilung. II. Aufl. p. 84). Darnach soll nämlich die hohlkugelige Schicht der Stärkekörnchen den „Chlorophyllkörnern" selbst eingelagert sein, der ganze „Amylumkern" sonach aus einem mittleren Kern aus Protoplasma, der hohlkugeligen Stärkeschicht und einer äusseren Wand aus Protoplasma bestehen. Ich kann jedoch nach meinen Beobachtungen diesen Angaben, die auf älteren, unvollkommeneren Untersuchungsmethoden beruhen, nicht beistimmen. Die oben erwähnten Untersuchungsmethoden lassen an der richtigen Deutung, die bisher, so weit ich finden kann, nur von Cohn (Beiträge zur Biologie der Pflanzen II. p. 109—110, 115) bei *Gonium Tetras* und *Chlamydomonas* erkannt worden ist, gar keinen Zweifel.

Zusammenhang mit der übrigen Masse des Chromatophors und bildet einen integrirenden Theil derselben [1]).

In Chromatophoren von dünner, plattenförmiger Gestalt bewirken die Amylumheerde lokale Verdickungen, die um so mehr auf einer (*Spirogyra*, *Draparnaldia* [Fig. 14]) oder auf beiden Seiten (*Mesocarpus*) des Chromatophors vorspringen, je dicker die Amylumheerde selbst sind. In diesen Verdickungen der Chromatophoren aber treten die Amylumheerde niemals frei nach aussen hervor, so lange die Chromotophoren selbst noch wohl erhalten und lebensthätig sind, sondern sind stets noch von einer dünneren oder dickeren Schicht der grünen Chromatophorensubstanz überzogen, (wie sich unschwer feststellen lässt, wenn man solche Stellen der Chromatophoren bei stärkerer Vergrösserung im optischen Durchschnitt untersucht).

Zu derselben Auffassung vom Bau der Amylumheerde führt auch die genauere Beobachtung der Entwicklungsgeschichte derselben. Wie schon erwähnt, findet man öfters Individuen grüner Algen (*Zygnema*, *Urospora* (Fig. 18), *Spirogyra*, *Mesocarpus* u. s. w.), deren Pyrenoide, vielleicht infolge sehr lebhaften Wachsens, vollständig stärkefrei sind. Bei solchen bildet sich dann in der Kultur vielfach nachträglich die Stärkehülle aus; und hier ist es dann leicht möglich, die Entwick-

1) Diese Umhüllungsschicht ist es, welche gewöhnlich als äussere Wand der „Amylumkerne" beschrieben wird. An gut gehärteten Pikrinsäure-Präparaten, an denen die Stärkekörner fast gar nicht gequollen sind, ist, wie gesagt, rings um die Stärkehülle die Substanz des Chromatophors bald deutlich verdichtet, bald gar nicht von der übrigen Substanz des Chromatophors unterschieden. Wendet man dagegen Reagentien an, welche die Stärkekörner mehr oder weniger zum Aufquellen bringen (z. B. Kalilauge), so gelingt es leicht, in allen Fällen rings um die aufquellende Stärkehülle her eine dichte Umhüllungsschicht aus comprimirter Chromatophoren-Substanz herzustellen, die sich nun deutlich und leicht absetzt und als äussere Wand des „Amylumkerns" erscheint. Uebrigens verhält sich auch diese künstlich hergestellte Umhüllungsschicht gegen Färbungsmittel stets anders als der „Kern" des Amylumheerdes und analog wie die übrige umgebende Chromatophoren-Substanz, sodass auch aus solchen Präparaten die totale Verschiedenartigkeit der beiderlei Gebilde leicht zu erkennen ist.

lung derselben genauer zu verfolgen. Während dieses ganzen Entwicklungsganges aber zeigt sich zunächst deutlich, dass die Pyrenoide selbst an der Bildung der Stärkehülle nicht direkt Antheil nehmen, sondern dass diese in dem angrenzenden Theile des Chromatophors sich vollzieht. Hier entstehen zuerst, in eine einfache hohlkugelige Schicht geordnet, zahlreiche, sehr kleine Stärkekörnchen, durch dünne Platten der Chromatophoren-Substanz seitlich von einander getrennt (Fig. 3 und 4). An der lebenden Zelle bilden sie zusammen eine schmale, helle, ununterbrochene hohlkugelige Hüllschicht um die stark lichtbrechenden Pyrenoide her; erst an gehärtetem und gefärbtem Materiale ist es möglich, in dieser zusammenhängenden Schicht die einzelnen kleinen Stärkekörnchen zu unterscheiden. Darauf nehmen die einzelnen Stärkekörnchen der Hüllschicht allmählich an Grösse zu und verschmelzen seitlich zu immer grösseren zusammengesetzten Stärkekörnern von sehr wechselnder Grösse und Gestalt (Fig. 22 $_{3, 4, 2, 5, 1, 8, 6}$): in der lebenden Zelle wird die farblose Hüllschicht der Pyrenoide immer breiter und lässt immer deutlicher die Zusammensetzung aus einzelnen, stark lichtbrechenden Stärkekörnchen erkennen. Und schliesslich erlangt auf diese Weise die ganze Stärkehülle die typische Gestalt, welche der betreffenden Algenspecies eigen ist, zusammengesetzt aus mehr oder weniger zahlreichen, mehr oder weniger grossen Stärkekörnchen [1]).

---

1) Diese ganze Darstellung zeigt deutlich, dass ich mich von dem Auftreten einer Anfangs homogenen, ununterbrochenen hohlkugeligen Stärkeschicht, die sich später in eine Anzahl einzelner Stärkekörnchen spaltete (Naegeli, Stärkekörner p. 395, 401—405; de Bary, Conjugaten p. 2), nirgends habe überzeugen können. Der Anschein einer solchen Schicht entsteht allerdings sehr leicht bei Beobachtung mittelst schwächerer Vergrösserungen. Allein bei genauerem Studium der Präparate mittelst stärkerer Vergrösserungen (Oel-Immersion $^1/_{12}$ oder $^1/_{18}$) konnte ich mich von dem Vorhandensein einer solchen homogenen hohlkugeligen Schicht nicht überzeugen: in den meisten Fällen fand ich von Anfang an deutlich getrennte kleine Stärkekörnchen, die später vielfach seitlich miteinander verwachsen.

In einzelnen Fällen ward allerdings diese Erkenntniss sehr erschwert, und namentlich boten die Siphonocladaceen (*Valonia*, *Microdictyon*, *Chaetomorpha*, *Chladophora*) der Untersuchung ziemlich grosse Schwierigkeiten dar. Hier war nur an einzelnen jüngeren

Ja in einzelnen Fällen (z. B. in älteren Kulturen von *Spirogyra*) kann diese Stärkehülle, aus sehr dicken grossen Stärkekörnern zusammengesetzt, eine sehr beträchtliche Dicke erreichen, oder auch durch seitliche Verschmelzung der sämmtlichen Stärkekörnchen zu einer geschlossenen hohlkugeligen Schicht sich ausbilden (Siphonocladaceen).

Dieser ganzen Darstellung zufolge nimmt das Pyrenoid an der Bildung der Stärkehülle keinen unmittelbaren Antheil. Dennoch aber kann sein Einfluss auf die Bildung der Stärkehülle keinem Zweifel unterliegen. Wie sollte es sonst zu erklären sein, dass gerade hier in unmittelbarer Umgebung des Pyrenoids zahlreiche Stärkekörnchen im Chromatophor gebildet werden, während in den übrigen Abschnitten desselben eine Bildung von Stärke vorläufig unterbleibt und erst später eintritt (wovon weiterhin noch die Rede sein wird)? Allein welcher Art dieser Einfluss sei, das dürfte nur schwierig genauer zu entscheiden sein. Es wäre denkbar, dass von den Pyrenoiden die Bildung einer gelösten Substanz ausgeht, welche in der umgebenden Chromatophoren-Substanz sofort die Bildung von Stärkekörnern veranlasst. Allein es wären auch andere Hypothesen ebenso denkbar. Jedenfalls aber würde die Erörterung dieser Probleme die Grenzen der vorliegenden morphologischen Untersuchungen weit überschreiten.

VIII.

Innerhalb der Chromatophoren ist nun die Grösse der Pyrenoide, mögen diese nackt oder stärkeumhüllt

---

Amylumheerden eine Zusammensetzung der Stärkehülle aus einzelnen Körnchen deutlich zu erkennen. Später erschien die dünne Stärkehülle nur hier und da auf dem optischen Durchschnitt deutlich gekörnt (Fig. 7). An älteren Amylumheerden aber war fast immer eine Zusammensetzung aus einzelnen Körnchen gar nicht mehr wahrzunehmen, die gesammte Menge der Stärkekörnchen war zu einer mehr oder minder dicken geschlossenen Hohlkugel verwachsen (Fig. 15), die nur zuweilen (*Cladophora* sp.) in zwei unsymmetrisch ausgebildete Hälften getheilt war.

sein, keineswegs eine constante. Das einzelne Pyrenoid nimmt vielmehr an Grösse allmählich zu (anscheinend, ebenso wie das Protoplasma, durch Intussusception), bis es die typische Grösse der betreffenden Algenspecies erreicht hat, eine Grösse, die bei verschiedenen Algen eine sehr verschiedene ist. Darauf erfolgt dann gewöhnlich eine Theilung des Pyrenoids.

Diese Vermehrung der Pyrenoide durch Theilung steht aber allgemein in enger Beziehung zu der Vergrösserung und Vermehrung der Chromatophoren. In den einzelnen Chromatophoren sind, wie oben erwähnt, die Pyrenoide resp. die Amylumheerde bald in Einzahl, bald in Mehrzahl vorhanden. Im letzteren Falle nimmt mit der Vergrösserung des ganzen Chromatophors auch die Anzahl der Pyrenoide resp. Amylumheerde zu, im ersteren Falle dagegen erfolgt eine Vermehrung derselben nur gleichmässig mit der Vermehrung der Chromatophoren selbst. Eine Besprechung der Vermehrung der Pyrenoide resp. der Amylumheerde wäre sonach eigentlich mit der Schilderung der Vergrösserung und Vermehrung der Chromatophoren selbst zu verbinden. Allein aus Gründen praktischer Zweckmässigkeit dürfte es sich doch empfehlen, an die vorstehende Beschreibung der Pyrenoide und der Amylumheerde hier zunächst die Darstellung der Vermehrung derselben ohne Berücksichtigung der Chromatophoren anzuknüpfen, um darnach dann die Schilderung der Chromatophoren selbst ohne abermalige Unterbrechung fortsetzen zu können.

Diese Vermehrung der Pyrenoide resp. der Amylumheerde vollzieht sich nun in zweierlei Weise, entweder durch Zweitheilung, oder durch Neubildung. Am einfachsten und klarsten lässt sich der ganze Vorgang an den Pyrenoiden ohne Stärkehülle verfolgen, und seien deshalb diese hier zunächst zum Gegenstande der nachfolgenden Darstellung gemacht.

Sehr deutlich und klar zeigen den Vorgang der Zweitheilung der Pyrenoide die sternförmigen Chromatophoren der Bangiaceen, z. B. der *Bangia fusco-purpurea* aus der Nordsee. Das einzelne sternförmige Chromatophor der vegetativen Fadenzellen enthält ein einzelnes, mittleres, ziemlich grosses Pyrenoid von ungefähr kugeliger Gestalt.

Während nun die einfach cylindrische Zelle junger Fäden heranwächst, das ganze Chromatophor sich ausdehnt, streckt sich auch der kugelige Körper des Pyrenoids allmählich, der Längsachse der ganzen Zelle entsprechend, ein wenig in die Länge. Dann schnürt sich derselbe, während die Zelle selbst durch eine ringförmige Einschnürung vom Rande her sich zu theilen beginnt, in der Mitte ein, diese Einschnürung nimmt rasch zu und führt schliesslich zur vollständigen Trennung in zwei selbständige Pyrenoide, die sich beide zu kugeliger Gestalt abrunden. Während dieser Einschnürung drängt die umgebende Grundmasse des Chromatophors in die entstehende Lücke ein und trennt schliesslich auch die beiden neugebildeten Pyrenoide, die von nun an allmählich zur ursprünglichen Grösse des alten Pyrenoids heranwachsen, immer weiter auseinander. Der vollendeten Theilung des Pyrenoids aber folgt dann sehr rasch die Zweitheilung des Chromatophors und der ganzen Zelle selbst nach.

Während dieser Theilung des Pyrenoids habe ich am lebenden Materiale von besonderen Gestaltungsvorgängen im Inneren des Pyrenoids gar nichts wahrzunehmen vermocht, vielmehr erschien mir die innere Masse während der Theilung stets ganz ebenso homogen und strukturlos als zuvor. Auch an gut gehärtetem Materiale war eine bestimmte innere Struktur nicht wahrzunehmen. Die unregelmässige, schwammig-poröse Beschaffenheit der ganzen Masse aber, welche an Spiritusmaterial sichtbar ist, glaube ich nicht als ursprüngliche Struktur, sondern nur als Reagenzwirkung ansehen zu sollen, ebenso wie die schwammig-poröse Beschaffenheit gehärteter Pyrenoide, die nicht in Theilung begriffen sind.

Die gleiche Theilungsweise wie die Pyrenoide von *Bangia* zeigen nun auch die sämmtlichen übrigen nackten Pyrenoide, z. B. bei *Achanthes longipes* (Fig. 9), *Goniotrichum*, *Nemalion*, *Licmophora* u. s. w. Das bisher kugelige Pyrenoid streckt sich mehr oder weniger zu länglicher Gestalt und schnürt sich dann in der Mitte quer durch, ohne dass während dieses Vorgangs besondere innere Struktureigenthümlichkeiten sichtbar würden. Die beiden Theilstücke, in welche

dadurch das alte Pyrenoid zerfällt, sind dabei gewöhnlich ziemlich gleich an Grösse und wachsen nachträglich ziemlich gleichmässig wieder zu der Grösse des alten Pyrenoids heran. Allein nicht selten sind auch kleine Differenzen in der Grösse der beiden Theilstücke wahrzunehmen, und namentlich finden sich solche Grössenunterschiede häufig da, wo die Theilung des Pyrenoids und die darauf folgende Theilung des ganzen Chromatophors eine Theilung der Zelle in zwei ungleich grosse Theilstücke einleitet, wie dies vielfach bei dem Wachsthum des Thallus der Nemalieen (*Nemalion*, *Helminthocladia*) der Fall ist.

Neben dieser Vermehrung der Pyrenoide durch Zweitheilung findet aber auch noch eine Vermehrung derselben durch Neubildung statt.

Eine solche Neubildung habe ich am ausführlichsten bei *Nemalion multifidum* und *Helminthocladia purpurea* beobachtet. Jede einzelne Thalluszelle dieser Pflanzen enthält nämlich ein einzelnes, unsymmetrisch sternförmiges Chromatophor, dessen ziemlich dickes kugeliges Mittelstück, namentlich bei letzterer Alge, dem oberen Ende der cylindrischen oder keulenförmigen Zelle nahegerückt ist. Von diesem Mittelstück, welchem das einzelne Pyrenoid eingelagert ist, laufen allseitig schmal-bandförmige Fortsätze aus und lehnen sich mit ihrer Spitze der Zellwand an. Diese Fortsätze sind gegen das obere Zellende hin nur kurz, gegen das untere Zellende hin aber strecken sie sich sehr lang aus und ziehen sich als lange schmale Bänder an der Seitenwand der Zelle hinab (Fig. 11 und 12, 16). Namentlich in den langgestreckten Zellen des Thallusinneren erreichen diese Bänder eine sehr beträchtliche Länge und schlängeln sich in wechselnder Breite an der Seitenwand der Zelle abwärts. Häufig nehmen sie gegen das untere Ende der Zelle hin stellenweise an Breite zu; und hier nun in solchen verbreiterten Stellen der Bänder findet Neubildung der Pyrenoide statt. Inmitten solcher verbreiterter Stellen werden zuerst ganz kleine kugelige Körner sichtbar, die allmählich an Grösse zunehmen und aus ganz derselben Substanz sich aufgebaut erweisen, wie die ur-

sprünglichen grossen Pyrenoide. In der einzelnen Zelle entstehen in dieser Weise nahe dem unteren Zellende ein oder mehrere secundäre Pyrenoide gleichzeitig oder ungleichzeitig, doch meist nur in Einzahl in dem einzelnen Chromatophoren-Bande. Sie bleiben an Grösse gewöhnlich beträchtlich hinter dem ursprünglichen Pyrenoid zurück. Doch nimmt von ihnen regelmässig diejenige Theilung des Chromatophors ihren Ursprung, welche die neuangelegten Mutterzellen der Rhizoiden, die aus dem unteren Ende der Stammzellen hervorsprossen, mit einem Chromatophor versorgt.

Dass nun diese Pyrenoide in den Fortsätzen des Chromatophors am unteren Zellende durch Neubildung entstehen und nicht durch Theilung, das ist wohl mit ziemlich grosser Wahrscheinlichkeit aus der Thatsache zu folgern, dass dieselben zuerst als ganz kleine Körner am unteren Ende der Zelle sichtbar werden, ohne dass jemals eine Theilung des alten Pyrenoids, welche die Abschneidung eines so kleinen Theilstückes herbeiführte, zu beobachten wäre. Auch konnte ich niemals diese kleinen Körner auf dem Wege zwischen dem alten grossen Pyrenoid am oberen Zellende und den Stellen des unteren Zellendes, an denen die kleinen Pyrenoide zuerst sichtbar werden, auffinden; und doch müssten sie ja, falls sie durch Theilung des alten Pyrenoids entständen, von ihrer Ursprungsstätte aus gegen das untere Zellende hin fortrücken resp. innerhalb der Bandfortsätze des Chromatophors fortgeschoben werden und müssten auf diesem ziemlich weiten Wege leicht einmal zur Anschauung gebracht werden können. Von alledem aber ist nichts direkt zu beobachten; und so bleibt nur die einzige Annahme übrig, dass sie an dem Orte, an dem sie zuerst sichtbar werden, durch Neubildung entstehen.

Diese Neubildung von Pyrenoiden erfolgt bei den genannten Nemalieen regelmässig in den grösseren älteren Stammzellen des Thallusinneren und lässt sich hier ohne grosse Mühe constatiren. In anderen Thallusabschnitten derselben Pflanzen aber ist die Entscheidung, ob Neubildung von Pyrenoiden oder Vermehrung derselben durch Ungleich-

theilung vorliege, zuweilen sehr schwierig, namentlich wenn die beiden fraglichen, ungleich grossen Pyrenoide sehr nahe bei einander liegen.

Diese letzteren Schwierigkeiten der Entscheidung wiederholen sich nun in derselben Weise bei den meisten anderen Algen mit nackten Pyrenoiden, sodass ich z. B. nicht zu entscheiden vermag, ob bei den Bangiaceen Vermehrung der Pyrenoide durch Neubildung gelegentlich vorkommt: im normalen Verlauf des Thalluswachsthums findet eine solche jedenfalls nicht statt. Jeder Anhalt zur Annahme einer Vermehrung der Pyrenoide durch Neubildung aber fehlt mir für *Licmophora flabellata* und die übrigen beobachteten Bacillariaceen, bei denen die Pyrenoide sich vielmehr stets nur durch Zweitheilung vermehren. —

In welcher Weise jedoch in den beschriebenen Fällen die Neubildung der Pyrenoide im Einzelnen sich vollzieht, darüber lässt sich zur Zeit noch nichts bestimmtes aussagen. Es wäre denkbar, dass hier ein Tropfen oder ein Korn einer leblosen (nucleinartigen ?) Substanz von der Grundsubstanz des Chromatophors ausgeschieden und weiterhin durch fortgesetzte Ausscheidung vergrössert würde. Allein die beobachteten Thatsachen lassen einstweilen auch ebenso gut die Annahme zu, dass ein Theil der Grundsubstanz des Chromatophors sich direkt in die (nucleinartige ?) Substanz des Pyrenoids umwandelt, und dass dann dieses durch fortgesetzte Wiederholung desselben Prozesses an seiner Peripherie verdickt wird. In dem letzteren Falle könnte dann diese Substanz des Pyrenoids ebensowohl eine leblose Reservesubstanz des Chromatophors darstellen (was sie ja auch im ersteren Falle sein würde), als auch einen Theil, ein Organ des lebendigen Leibes desselben. Die beobachteten Thatsachen der Neubildung lassen noch keine bestimmte Entscheidung für die eine oder die andere dieser Annahmen und damit über die eigentliche Bedeutung der Pyrenoide als lebloser Reservestoffe oder als lebendige Substanz zu.

Ebensowenig aber ermöglichen die zuvor beschriebenen Thatsachen der Zweitheilung der Pyrenoide ein

bestimmtes Urtheil über diese letztere Frage. Diese Thatsachen lassen sich ebensowohl mit der Annahme vereinigen, dass die Substanz der Pyrenoide eine leblose Reservesubstanz darstelle, welche durch die Thätigkeit der umgebenden Substanz des Chromatophors in zwei Stücke zerlegt wird, als auch mit der anderen Annahme, dass diese Pyrenoide aus lebendiger Substanz bestehen, welche selbstthätig bei ihrer eigenen Zertheilung mitwirkt, mag nun der erste Anstoss zu dieser Theilung von ihr selbst ausgehen oder von der umgebenden Substanz des Chromatophors.

Es wiederholen sich hier bei den Pyrenoiden dieselben Fragen, die in Bezug auf die Chromatinkörper der Zellkerne sich erheben; und eben dieselben Schwierigkeiten wie dort stehen der endgültigen Beantwortung derselben zur Zeit noch entgegen: In beiden Fällen lassen die beobachteten Thatsachen zur Zeit noch sehr verschiedene Deutungen zu, ein bestimmt entscheidendes Moment für die eine oder die andere Deutung ist noch nicht aufzufinden [1]).

Viel complicirter erscheinen nun auf den ersten Blick die geschilderten Vorgänge bei denjenigen Pyrenoiden der grünen Algen, die von einer Stärkehülle umschlossen sind. In Wirklichkeit jedoch sind hier die Vorgänge im Wesentlichen ganz dieselben, wie bei den besprochenen nackten

---

1) Ein solches entscheidendes Moment würde gegeben sein, sobald es gelänge, im Inneren der Pyrenoide und Nucleolen eine bestimmte, selbstthätig veränderliche feinere Struktur wie im Protoplasma selbst nachzuweisen. Dann wäre die Annahme, dass in diesen Körpern einfach leblose Reservestoffe vorliegen, die nur durch die Thätigkeit der umgebenden Substanz umgeformt und umgestaltet werden, nicht mehr festzuhalten. Allein trotz aller Bemühung habe ich bisher eine solche feinere Struktur, die ich für sehr wahrscheinlich halte, nicht nachzuweisen vermocht, wenn mir auch der matte Glanz, den sowohl die Pyrenoide, als auch die Nucleolen im Leben so vielfach zeigen, gar sehr für das Vorhandensein einer solchen Struktur zu sprechen scheint.

Pyrenoiden, die Complikationen des ganzen Vorgangs werden einfach nur durch die Anwesenheit der Stärkehülle herbeigeführt.

Bei den meisten grünen Algen findet man die Stärkehülle der Pyrenoide fast zu jeder Zeit ausgebildet, allerdings mehr oder weniger reichlich entwickelt. Bei manchen Arten aber trifft man mehr oder minder häufig (häufig z. B. bei *Valonia*, *Bryopsis*, seltener bei *Urospora*, bisweilen auch bei *Spirogyra*, *Mesocarpus*, *Zygnema*) Individuen, deren Pyrenoiden die Stärkehülle gänzlich fehlt. Solche Individuen zeigen dann den Vorgang der Zweitheilung der Pyrenoide in ganz derselben Weise wie die zuvor beschriebenen Bangiaceen und Nemalieen. Sie zeigen ferner, dass auch hier die Zweitheilung bald gleiche Theilstücke liefert, bald ungleiche; ja es kann die Grössendifferenz der Theilstücke (z. B. bei *Urospora* und *Spirogyra*) zuweilen eine recht beträchtliche sein.

Complicirter dagegen verläuft die Zweitheilung der Pyrenoide bei den genannten Algen und ebenso bei den übrigen grünen Algen, wenn die Stärkehülle vollständig ausgebildet ist. Es lässt sich dieser Vorgang am besten verfolgen in solchen Algenzellen, deren Chromatophoren sämmtlich nur einen einzelnen Amylumheerd besitzen, der bei Beginn der Zweitheilung des Chromatophors ebenfalls in zwei Hälften sich zertheilt, wie z. B. bei *Zygnema*, *Hyalotheca* (Fig. 22), *Tetraspora*, *Palmella*, *Bryopsis* u. s. w. In anderen Fällen, z. B. bei *Spirogyra*, *Mesocarpus*, *Urospora* u. s. w., ist es schwieriger, Theilungsstadien der Amylumheerde aufzufinden, da hier die Theilung der Amylumheerde nicht mit der Theilung der ganzen Zelle, deren einzelne Stadien leichter aufzufinden sind, zusammenzufallen pflegt. Allein auch in den letzteren Fällen lassen sich bei sorgfältigem Suchen die sämmtlichen Theilungsstadien unschwer auffinden und lässt sich dabei leicht feststellen, dass die Theilung der Amylumheerde auch hier ganz in derselben Weise wie in den ersteren Fällen verläuft.

Diese Theilung (Fig. 22 $_{1-8}$) wird eingeleitet dadurch, dass der bisher meist kugelige Kern des Amylumheerdes, das Pyrenoid, sich ein wenig in die Länge streckt zu

mehr oder weniger länglicher Gestalt (Fig. 4) und dann in der Mitte sich einschnürt (Fig. 22 ₂). Die umgebende Grundmasse des Chromatophors, welche die zahlreichen kleinen Stärkekörnchen der Amylumhülle eingelagert enthält, dehnt sich gleichzeitig, der Längsdehnung des Pyrenoids entsprechend, aus und dringt zugleich in die entstehende Furche der mittleren Einschnürung des Pyrenoids immer weiter vor. Dann verengt sich diese Einschnürung immer mehr und führt schliesslich zur vollständigen Theilung in zwei kugelige Pyrenoide, die durch eine immer dickere Schicht der Grundsubstanz des Chromatophors auseinander gerückt werden (Fig. 22 3–5). Unterdessen haben die Stärkekörnchen der Hülle ihre hohlkugelige Anordnung im Allgemeinen beibehalten, wenn sie auch in der Mitte, der Theilungsebene des Pyrenoids entsprechend, ein wenig auseinander gerückt worden sind und hier auch nicht selten durch die einwärts vordringende Grundmasse des Chromatophors ein wenig nach einwärts in die vordringende Ringfurche hinein vorgeschoben werden. Letzteres geschieht dann bei vollständiger Durchschnürung jener Ringfurche häufig noch etwas mehr, sodass an dieser Stelle in vielen Fällen (jedoch keineswegs immer) eine schwache ringförmige Einschnürung der Stärkehülle zu bemerken ist. Dann aber sondert sich einfach, während die beiden Hälften des Pyrenoids auseinanderrücken und zwischen ihnen die trennende Schicht der Grundsubstanz des Chromatophors immer dicker wird, die hohlkugelige Schicht der Stärkekörner, jener Theilungsebene entsprechend, in zwei Hälften, die langsam auseinanderrücken; in der Trennungsebene selbst aber wird durch Neubildung von Stärkekörnchen innerhalb der Substanz des Chromatophors das fehlende Stück der beiden Hälften der Stärkehülle wieder ergänzt und beide dadurch wieder zu geschlossenen hohlkugeligen Schichten vervollständigt (Fig. 22 6–8). — Der ganze Vorgang der Theilung aber vollzieht sich ganz unabhängig davon, ob die Stärkehülle aus zahreichen kleineren Stärkekörnchen oder einer geringeren Anzahl grösserer, zusammengewachsener Stärkekörnchen zusammengesetzt ist.

Der ganze Verlauf der Theilung der Amylumheerde lässt sich in seinen Einzelheiten am besten an den grösseren Amylumheerden von *Zygnema*, *Hyalotheca* (Fig. 22) und ähnlichen Formen feststellen. Bei anderen Arten ist dies wegen der geringeren Grösse der Theile nicht so leicht möglich. Namentlich wird hier leicht übersehen, dass der Theilung des ganzen Amylumheerdes eine Einschnürung und Theilung des eingeschlossenen Pyrenoids vorhergeht. Es entsteht dann leicht der Anschein, als ob zunächst eine Platte „dichterer Substanz" in der Theilungsebene des Amylumheerdes sich bildete, worauf dann eine Spaltung dieser Platte die vollständige Theilung des ganzen Amylumheerdes herbeiführte [1]). So scheint sich z. B. der ganze Vorgang bei manchen kleinzelligen Palmellaceen, Chlamydomonaden u. a. zu vollziehen. Allein ein genauerer Vergleich zeigt deutlich, dass auch hier die Theilung der Amylumheerde im Wesentlichen ebenso verläuft wie bei den erstgenannten Formen.

Weiterhin wird eine gewisse Verschiedenheit der einzelnen Fälle dadurch herbeigeführt, dass die zuvor erwähnte ringförmige Einschnürung der Stärkehülle bei Beginn der Theilung bald deutlich ausgebildet, bald kaum zu erkennen ist oder vollständig fehlt. Wie leicht ersichtlich, wird dadurch eine wesentliche Verschiedenheit des Theilungsverfahrens nicht bewirkt, wohl aber ein ziemlich verschiedenes Aussehen der entsprechenden Theilungsstadien. Bei stärkerer Ausbildung dieser Einschnürung möchte man sogar zuweilen versucht sein zu der Annahme, dass auf die Durchschnürung des Pyrenoids auch eine einfache ringförmige Durchschnürung der Stärkehülle folge und dadurch die Theilung des Amylumheerdes vollendet werde. Allein dieser Annahme, so nahe dieselbe auch zuweilen durch den Augenschein gelegt wird, steht schon der Umstand entgegen, dass bei der Theilung der Amy-

---

1) So beschreibt z. B. Reinke (Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. XI. p. 535) die Theilung der Amylumheerde von *Monostroma bullosum* Thur. und ähnlich Cohn (Beiträge zur Biologie der Pflanzen. II. p. 107) denselben Vorgang bei *Gonium Tetras* A. Br.

lumheerde unbedingt eine Neubildung von Stärkekörnchen stattfinden muss (denn die Stärkehüllen der Tochter-Pyrenoide bestehen ebenso wie diejenigen der Mutter-Pyrenoide aus zahlreichen kleinen Stärkekörnchen), eine Neubildung kleiner Stärkekörnchen zwischen den bereits vorhandenen älteren aber nirgends beobachtet werden kann. Schon aus diesem Grunde bleibt somit nichts anderes übrig als die Annahme, dass auch hier der Einschnürung der alten Stärkehülle eine Theilung derselben in der Einschnürungsebene und eine Ergänzung der beiden Theilstücke zu vollständigen Hohlkugeln durch Neubildung der fehlenden Stücke nachfolge. Der Vorgang ist dann im Wesentlichen ganz derselbe wie in jenen Fällen, in denen jene Einschnürung unterbleibt, die alte Stärkehülle einfach in zwei halbkugelige Stücke sich zertheilt und diese durch Neubildung zu vollständigen Hohlkugeln sich ergänzen [1]).

Die beschriebene Theilung der Amylumheerde vollzieht sich ferner in durchaus übereinstimmender Weise, mögen die beiden Theilstücke gleich oder ungleich gross sein. Das erstere ist gewöhnlich (doch keineswegs immer) der Fall bei den Chromatophoren, die nur einen einzelnen Amylumheerd enthalten; das letztere dagegen findet neben Gleichtheilung der Amylumheerde sehr häufig bei Chromatophoren mit mehreren Amylumheerden

---

1) In der vorliegenden Litteratur findet sich der Vorgang der Theilung der Amylumheerde auch noch in anderer Weise geschildert. So erwähnt z. B. Reinke (Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. XI. p. 542—543) bei *Tetraspora lubrica*, dass bei der Theilung der Zelle zuerst der „Amylonkern" unsichtbar werde, dann nach vollzogener Theilung der Zelle in jeder Tochterzelle ein neuer „Amylonkern" „entstehe". Ich selbst finde jedoch, dass bei *Tetraspora lubrica* die Theilung des Amylumheerdes, welche die Theilung des Chromatophors und die Theilung der ganzen Zelle einzuleiten pflegt, ganz in gleicher Weise sich vollzieht, wie oben die Theilung der Amylumheerde geschildert worden ist. Allein der ganze Vorgang ist hier in der That am lebenden Materiale recht wenig deutlich.

Ebenso wenig aber habe ich anderwärts bei irgend einer Alge eine Vermehrung der Amylumheerde durch Auflösung eines alten und Neubildung zweier neuer Amylumheerde zu beobachten vermocht.

statt. Ja es kann im letzteren Falle (z. B. nicht selten bei *Spirogyra*) die Theilung der Amylumheerde Theilstücke liefern, die einander um ein vielfaches an Grösse übertreffen, sodass man Bedenken tragen möchte, zwei nebeneinander liegende, ungleich grosse Amylumheerde als Theilstücke eines und desselben Amylumheerdes anzusehen, wenn nicht in derselben Pflanze andere Entwicklungsstadien der Chromatophoren zwei derartig verschiedene Amylumheerde noch in vollständigem Zusammenhange vor Vollendung der Zweitheilung aufwiesen.

Zuweilen vollzieht sich die Zweitheilung der Amylumheerde so langsam, dass einzelne Durchgangsstadien des normalen Theilungsvorganges fast als Dauerstadien erscheinen. Oder es tritt bereits eine Wiederholung des Theilungsverfahrens ein, ehe die erste Theilung ganz vollendet ist, und führt dann zur Bildung eigenthümlich complicirter Gestalten der Amylumheerde. Beides ist in sehr typischer Ausbildung bei den verschiedenen Arten von *Zygnema* zu beobachten.

Bei sämmtlichen Arten von *Zygnema* sind die Stärkehüllen der Amylumheerde aus ziemlich zahlreichen, kleineren oder dickeren Stärkekörnchen zusammengesetzt (Fig. 27); die Amylumheerde bilden dementsprechend bald dickere, bald weniger dicke kugelige Körper, welche das Mittelstück des sternförmigen Chromatophors fast vollständig ausfüllen. Bei einzelnen Arten nun dehnt sich lange vor Beginn der Zelltheilung das Pyrenoid senkrecht zur Längsachse des Fadens zu länglicher bis kurzcylindrischer Gestalt, während die Stärkehülle unter Vergrösserung der einzelnen Stärkekörnchen in gleicher Richtung sich ausdehnt. Der ganze Amylumheerd nimmt dadurch eine querovale bis längliche Gestalt an, die er nun längere Zeit beibehält. Bei einzelnen Arten von *Zygnema* zeigen die Zellen lebhaft vegetirender Fäden zuweilen fast sämmtlich die Amylumheerde in dieser Gestalt.

Bei anderen Arten von *Zygnema* aber geht die unregelmässige Ausbildung der Amylumheerde noch weiter.

Das Pyrenoid streckt sich (meist senkrecht zur Längsachse des Fadens, doch nicht selten auch in anderer Richtung) ebenso wie in dem letzterwähnten Falle zu länglicher Gestalt, während die Stärkehülle sich allmählich ausdehnt. Dann aber schnürt sich das längsgedehnte Pyrenoid in der Mitte quer durch, und in den Raum zwischen den beiden Theilstücken tritt die angrenzende Substanz des Chromatophors hinein, um hier sofort zahlreiche neue kleine Stärkekörnchen auszubilden. Darauf wiederholt eines der beiden neugebildeten Pyrenoide oder beide zugleich denselben Vorgang, strecken sich in die Länge und schnüren sich in der Mitte quer durch, worauf auch hier wieder Chromatophoren-Substanz zwischen die Theilstücke eindringt und hier neue kleine Stärkekörnchen entstehen lässt. So entstehen ziemlich dicke Amylumheerde, die nach aussen in normaler Weise kugelig abgerundet erscheinen, in ihrem Inneren aber an Stelle eines einzelnen kugeligen Pyrenoids stets zwei oder mehrere Pyrenoide theils von kugeliger Gestalt, theils von mehr oder weniger länglicher oder cylindrischer Form, die unter einander durch stärkeführende Platten getrennt sind, einschliessen. Solche zusammengesetzten Amylumheerde aber entstehen, wie man sieht, einfach dadurch, dass der Theilung des Pyrenoids eines alten Amylumheerdes die Theilung der Stärkehülle nicht sogleich nachfolgt, vielmehr statt dessen sofort eine neue Theilung der gebildeten Tochter-Pyrenoide sich vollzieht. Dies kann sich dann ein oder mehrere Male wiederholen und so zu zusammengesetzten Amylumheerden mit 2, 3, 4 oder mehr Pyrenoiden hinführen, bis schliesslich mit der Theilung des Chromatophors eine Zweitheilung des ganzen Amylumheerdes eintritt. Diese letztere aber erfolgt dann in ganz analoger Weise wie der letzte Schritt bei der Theilung des einfachen Amylumheerdes: die stärkeführende Chromatophoren-Substanz, welche die Pyrenoide umschliesst, theilt sich in zwei Hälften, sodass die vorhandenen Pyrenoide auf beide Hälften vertheilt werden, und diese beiden Hälften rücken langsam auseinander, während stärkefreie Chromatophoren-Substanz den entstehenden Zwischenraum ausfüllt, um sich

kurz darauf zur Bildung zweier Tochter-Chromatophoren in gleicher Richtung ebenfalls zu zertheilen[1]).

Neben der im Vorstehenden beschriebenen Vermehrung der Amylumheerde durch Theilung scheint nun aber in manchen Fällen, ebenso wie bei den nackten Pyrenoiden, eine Vermehrung durch Neubildung einherzugehen.

In den Chromatophoren sehr vieler grünen Algen, namentlich solcher, die nur einen einzelnen Amylumheerd enthalten, findet eine solche Neubildung, soweit ich zu ermitteln vermochte, überhaupt niemals statt (*Palmella*, *Tetraspora*, *Gloeocystis* etc.). Bei anderen Arten, vor allem solchen, deren Chromatophoren zahlreiche Amylumheerde besitzen (*Draparnaldia*, *Oedogonium* u. s. w.), scheint dagegen mehr oder weniger häufig neben der Vermehrung durch Theilung eine Vermehrung durch Neubildung stattzufinden. Bei manchen dieser Arten nämlich ist die Vermehrung der Amylumheerde durch Theilung so selten zu beobachten, dass der Gedanke nicht abzuweisen ist, es möchte hier die Vermehrung der Amylumheerde zum Theil oder selbst der Hauptsache nach durch Neubildung erfolgen. Mit besonderem Nachdrucke aber macht sich diese Annahme geltend, wenn zwischen den grösseren Amylumheerden kleinere und kleinste derartige Gebilde in grösserer Anzahl zu beobachten sind, ohne dass es gelingt, die Entstehung dieser letzteren durch Ungleichtheilung der älteren Amylumheerde nachzuweisen. Gleich-

---

1) Diese zusammengesetzten Amylumheerde von *Zygnema* hat bereits Strasburger (Zellbildung und Zelltheilung. II. Aufl. p. 85) erwähnt, doch in etwas anderer Weise beschrieben. Darnach nämlich enthalten die „Chlorophyllsterne" der *Zygnema*-Zellen häufig nicht nur einen, sondern mehrere stärkeführende „Chlorophyllkörner", die sich durch Zweitheilung vermehren. Allein bei genauerer Untersuchung mittelst geeigneter Präparationsmethoden habe ich bei *Zygnema* stets nur die beschriebenen zusammengesetzten Amylumheerde, niemals mehrere einzelne Amylumheerde innerhalb eines einzelnen Chromatophors aufzufinden vermocht. Die Anwendung von Kalilauge, deren sich Strasburger damals bedient hatte, führt jedoch leicht zu irrthümlichen Deutungen.

wohl jedoch bleibt in allen derartigen Fällen die Entscheidung der Frage, ob die Vermehrung der Amylumheerde ausser durch Theilung auch durch Neubildung stattfinde oder nicht, eine sehr schwierige und unsichere, und nur in wenigen Fällen dürfte es gelingen, die Annahme, dass sämmtliche vorhandenen Amylumheerde durch Theilung entstehen, auch wenn diese Theilung selbst noch nicht hat beobachtet werden können, mit genügender Sicherheit auszuschliessen, die Vermehrung der Amylumheerde durch Neubildung vollständig sicher nachzuweisen.

Am besten begründet unter allen Fällen, die ich beobachtet habe, erscheint mir die Annahme der Entstehung kleiner Amylumheerde durch Neubildung bei den dickeren Arten von *Zygnema*. Hier fand ich nämlich nicht selten an grösseren Chromatophoren, deren bandförmige Fortsätze ziemlich weit ausgestreckt waren und mit ihren Spitzen die Zellwand berührten und dieser sich anlehnten, in einem oder dem anderen dieser Fortsätze einen ganz kleinen Amylumheerd ausgebildet, der an Grösse weit hinter dem grossen Amylumheerde des Chromatophoren-Mittelstückes zurückblieb. Die Theilung der grossen Amylumheerde, die meist nur als Einleitung der Zelltheilung stattfand, lieferte stets, so weit ich beobachten konnte, zwei Amylumheerde von ungefähr gleicher Grösse. Ebenso versuchte ich auch bisher vergebens, jene kleinen Amylumheerde auf der Wanderung von den grossen Amylumheerden nach den Spitzen der Fortsätze des Chromatophors anzutreffen. Unter diesen Umständen dürfte die Annahme, dass die kleinen Amylumheerde durch Ungleichtheilung der grösseren entstehen, wohl mit ziemlich grosser Wahrscheinlichkeit (wenn auch noch nicht mit völliger Bestimmtheit) auszuschliessen sein. Dann aber bleibt hier nur die Annahme übrig, dass jene kleinen Amylumheerde durch Neubildung entstehen, namentlich da sie an ganz analoger Stelle in den sternförmigen Chromatophoren auftreten wie jene nackten Pyrenoide in den Zellen von *Helminthocladia* und *Nemalion*, von denen oben die Rede gewesen ist.

Dagegen vermag ich nur mit Vorbehalt als ferneres Beispiel für eine Vermehrung der Amylumheerde durch

Neubildung die grossen Stammzellen von *Draparnaldia glomerata* zu nennen. Bei dieser Alge nämlich findet man bei kräftig vegetirenden Individuen im Inneren des gitterförmig durchbrochenen Chlorophyllrings, welcher in den grossen Stammzellen der Mitte der cylindrischen Seitenwand anliegt, neben vollständig ausgebildeten grösseren Amylumheerden und allerlei Theilungsstadien derselben vielfach auch verschiedene Stadien der Neubildung von Amylumheerden. An einzelnen Stellen finden sich ganz kleine nackte Pyrenoide, die eben erst neuangelegt zu sein scheinen; andere sind bereits etwas grösser geworden, entbehren aber noch vollständig der Stärkehülle; an anderen ist die letztere eben angelegt worden; und von solchen kleinsten Amylumheerden führen dann die verschiedensten Uebergangsstadien zu den grössten, vollständig ausgebildeten Amylumheerden, die sich deutlich durch Theilung vermehren, hinüber. Die ganze Vertheilung und Anordnung der kleinsten nackten Pyrenoide innerhalb des Chromatophors aber weist auf die Annahme hin, dass sie durch Neubildung entstanden sein möchten, nicht durch Theilung von den grösseren Amylumheerden abgespalten seien. Doch ist immerhin die Annahme einer Entstehung derselben durch Ungleichtheilung der grösseren Amylumheerde nicht völlig auszuschliessen; eine sichere Entscheidung der vorliegenden Frage ist somit zur Zeit nicht wohl möglich.

Ganz dasselbe gilt auch von den Arten von *Oedogonium*, von denen manche die Annahme einer Entstehung der Amylumheerde durch Neubildung sehr nahe legen. Die reich zertheilte und durchbrochene Chlorophyllscheibe, welche den Zellen dieser Algen zukommt [1]), enthält näm-

1) Die Struktur der Chromatophoren von *Oedogonium* pflegt man bis in die neueste Zeit allgemein in ganz anderer Weise zu beschreiben und abzubilden. Man schreibt allgemein den Zellen von *Oedogonium* zahlreiche kleine, rundliche oder längliche „Chlorophyllkörner" zu, welche in wandständiger Schicht mehr oder weniger dicht angeordnet sein sollen. Nur die alten Abbildungen bei Derbès und Solier (Supplém. aux comptes rendus des séances de l'acad. des sciences. Tome I. 1856. pl. 4, 7 und 8) machen hier eine Ausnahme,

lich bei manchen Arten einen einzelnen, grösseren, primären Amylumheerd [1]), neben dem gewöhnlich der Zellkern gelagert ist (Fig. 6). Ausser diesem Amylumheerd, der sich bei der Theilung des ganzen Chromatophors ebenfalls durch Theilung vermehrt, treten in dem scheibenförmigen Chromatophor häufig noch mehrere kleinere Amylumheerde und nicht selten auch einzelne kleine nackte Pyrenoide auf. Bei anderen Arten der Gattung enthält die meist noch viel reicher zertheilte Chlorophyllscheibe von vorn herein mehrere gleichwerthige Amylumheerde, die sich durch Theilung vermehren, und zwischen diesen werden dann zuweilen ganz kleine Amylumheerde oder nackte Pyrenoide sichtbar. Es liegt nahe, anzunehmen, dass in beiden Fällen die letzteren durch Neubildung entstanden seien. Allein ebensowenig wie bei *Draparnaldia* ist auch hier bei *Oedogonium* die Annahme einer Entstehung derselben durch Ungleichtheilung der grösseren Amylumheerde ausgeschlossen.

---

und neuerdings schreibt auch Pringsheim (Jahrb. f. wiss. Bot. XII. taf. 12, 14 u. 16) den Oedogonien schmal bandförmige Chlorophyllkörper zu. Ich selbst finde bei allen Arten von *Oedogonium*, die ich bisher untersuchen konnte, einzelne grosse, scheibenförmige Chromatophoren, die bald nur von zahlreichen kleinen Lücken unterbrochen sind, bald durch grössere Lücken ein zierlich gitterförmiges Aussehen erhalten, bald durch breite längslaufende Spalten und Einschnitte zu einem Bündel paralleler schmaler Bänder umgeformt werden, die durch Querstreifen verbunden bleiben oder hier und da auch seitlich sich voneinander trennen (Fig. 5 und 6); nur bei einer einzigen Species sah ich bisher diese einzelne Chlorophyllplatte in eine grössere Anzahl unregelmässiger, theils isolirter, theils zusammenhängender kleiner Scheiben zertheilt. Die kleinen „Chlorophyllkörner" der bisherigen Darstellungen aber sind nichts anderes als kleine Stärkekörnchen, die im Inneren des grünen Chromatophors liegen und wegen ihrer stärkeren Lichtbrechung bei schwächeren Vergrösserungen leicht als dunkler grüne Scheibchen besonders hervortreten und ins Auge fallen.

2) In den Abbildungen von *Oedogonium* figurirt dieser Amylumheerd, neben dem in der lebenden Zelle der Zellkern sehr zurücktritt, bis in die neueste Zeit hinein vielfach als Zellkern, während der wirkliche Zellkern ganz übersehen wird.

Noch schwieriger und zweifelhafter wird die Entscheidung, ob wirklich Vermehrung der Amylumheerde durch Neubildung stattfinde, bei solchen Algen, bei denen Vermehrung der Amylumheerde mittelst Ungleichtheilung sicher constatirt werden kann, wie z. B. bei den Arten von *Spirogyra* und *Mesocarpus*. Für *Spirogyra* lauten dementsprechend die vorliegenden Litteraturangaben einander grade entgegengesetzt; denn während de Bary [1]) nur von einer Vermehrung durch Neubildung redet, erwähnt Pringsheim [2]) nur eine Vermehrung der Amylumheerde durch Theilung. Meine eigenen Beobachtungen zeigen mir nun, dass sowohl bei *Spirogyra* (Fig. 4), als auch bei *Mesocarpus* eine Vermehrung durch Theilung und zwar sowohl Gleichtheilung, als auch Ungleichtheilung wirklich vorkommt. Daneben aber möchte ich auch eine Vermehrung durch Neubildung für sehr wahrscheinlich halten, da ich sonst das nicht seltene Auftreten kleiner nackter Pyrenoide zwischen den grösseren Amylumheerden nicht genügend zu erklären vermag. Freilich wäre eine Ungleichtheilung der grösseren Amylumheerde mit nachfolgender Auflösung der Stärkehülle des kleineren Theilstückes sehr wohl möglich; doch dürfte dieselbe wohl kaum als sehr wahrscheinlich angesehen werden, und glaube ich deshalb, dieser Annahme die Annahme einer Vermehrung der Amylumheerde durch Neubildung vorziehen zu sollen [3]).

---

1) De Bary, Conjugaten p. 2.

2) Pringsheim, Lichtwirkung und Chlorophyllfunktion in Jahrb. f. wiss. Bot. XII. p. 304.

3) Ueber die Amylumheerde von *Spirogyra* macht Pringsheim in seiner Abhandlung über Lichtwirkung und Chlorophyllfunktion (Jahrb. f. wiss. Bot. XII. p. 304 ff.) einige specielleren Angaben, auf die hier noch etwas näher eingegangen werden muss.

Nach Pringsheim's Darstellung nämlich setzen die Protoplasmastränge, welche bei *Spirogyra* den Zellkern in der Mitte der Zelle schwebend erhalten, mit ihren Spitzen nicht an die wandständige Protoplasmaschicht, sondern an die innere Fläche der „Chlorophyllbänder" an. „Hier nun münden sie typisch und regelmässig in einen Amylumheerd und zwar gehen sie wie ein cylindrischer Schlauch in die Peripherie des Amylumheerdes über, sodass dieser gleichsam nur den Querschnitt eines cylindrischen Plasmo-

In ähnlicher Weise mag wohl auch noch bei anderen grünen Algen, namentlich solchen mit grossen scheiben-

diumzweiges darstellt, in dessen Centrum ein protoplasmatischer, einem Nucleus ähnlicher Kern liegt. Wenn nun irgendwo das Ende eines solchen Plasmodiumstranges an der unteren Fläche der Bänder scheinbar an einer Stelle mündet, wo noch kein Amylumheerd vorhanden ist, so darf man sicher sein, dass hier ein Amylumheerd in Bildung begriffen ist. Mit der Vermehrung der Amylumheerde durch Theilung geht nämlich einerseits die gabelspaltige Theilung der letzten Endzweige der Plasmodienstränge Hand in Hand; andererseits aber geht diese auch der Theilung der Amylumheerde voraus, und der eine Gabelast bildet erst später, nachdem die beiden Gabeläste schon auseinander getreten sind, an seinem Ende im Chlorophyllbande einen neuen Amylumheerd."

Von diesen Angaben kann ich zunächst bestätigen, dass die äusseren Spitzen der erwähnten Protoplasmastränge auf der Innenseite der Chlorophyllbänder ansetzen und zwar meist (keineswegs jedoch in allen Fällen) da, wo im Inneren des Chlorophyllbandes ein Amylumheerd gelagert ist und eine einwärts vorspringende Verdickung des Chlorophyllbandes und der ganzen wandständigen Plasmaschicht veranlasst. Allein ich sehe diese Stränge nicht an die Substanz der Chlorophyllbänder selbst ansetzen, sondern an die dünne Protoplasmaschicht, welche diese auf der Innenseite überzieht. Sie erreichen somit die Amylumheerde selbst gar nicht direkt und gehen ebensowenig in die „Peripherie" derselben (darunter ist doch wohl nichts anderes zu verstehen als die äussere „Wand" der Amylumheerde d. i. die Umhüllungsschicht des Chromatophors) über.

Die engere Beziehung zwischen Zellkernen und Amylumheerden, welche Pringsheim für *Spirogyra* aus den angegebenen Beobachtungen folgert, kann ich somit nicht bestätigen. Mir scheint vielmehr die Thatsache, dass die meisten Protoplasmastränge mit ihren Spitzen an die Vorsprünge der wandständigen Plasmaschicht, welche durch die Amylumheerde veranlasst werden, ansetzen, einfach dadurch ihre Erklärung zu finden, dass eben diese Vorsprünge die bequemsten Ansatzstellen für jene Stränge darstellen. Sieht man ja doch auch sonst in Pflanzenzellen oft genug, dass die Protoplasmastränge der Zellmitte mit Vorliebe grade an Vorsprünge des wandständigen Protoplasmas ansetzen, wodurch, wie leicht einzusehen, ein geringerer Substanzaufwand erforderlich wird. Solche Vorsprünge aber werden in Algenzellen besonders häufig durch Amylumheerde veranlasst, und erscheint es schon dadurch vollständig erklärlich, dass die Protoplasmastränge gerade an diesen

förmigen Chromatophoren, eine Vermehrung der Amylumheerde durch Neubildung stattfinden. So sollen z. B. nach

---

Stellen ansetzen. Bisweilen, wie eben bei *Spirogyra*, zeigt dabei der Verlauf dieser Stränge deutliche Beziehungen zum Zellkern, in anderen Fällen aber ist dies entschieden nicht der Fall. So ist z. B. in den langgestreckten Zellen von *Pleurotaenium Trabecula*, an deren Längswand mehrere schmal-bandförmige Chromatophoren mit zahlreichen Amylumheerden ausgespannt sind, der Zellkern in der Mitte der Zelle durch eine Anzahl Protoplasmabänder aufgehängt und an den Seitenwänden befestigt; ausserdem aber laufen noch zahlreiche Protoplasmafäden quer oder schräg durch das Zellenlumen von Seitenwand zu Seitenwand hin, und diese Protoplasmafäden setzen fast sämmtlich an solchen Stellen an das wandständige Protoplasma an, an denen die Amylumheerde der Chlorophyllbänder Verdickungen und Vorsprünge veranlassen. Hier also laufen zahlreiche Protoplasmafäden, welche an die Amylumheerde ansetzen, durch das Zellenlumen hin, ohne mit dem Zellkern selbst in irgend einer näheren Verbindung zu stehen, und zeigen dadurch deutlich, dass nicht eine nähere Beziehung zwischen Zellkern und Amylumheerden sie veranlasst, gerade an diese letzteren sich anzuheften; vielmehr scheint hier deutlich hervorzutreten, dass dieses Anheften an die Amylumheerde nur darin seinen Grund hat, dass diese eben die bequemsten Anheftungsstellen darbieten. Ist es aber hier bei *Pleurotaenium* entschieden nicht eine nähere Beziehung zwischen Zellkern und Amylumheerden, was die Protoplasmafäden veranlasst, an die Vorsprünge der Amylumheerde sich anzuheften, so dürfte das Gleiche wohl auch für *Spirogyra* anzunehmen sein: auch bei *Spirogyra* ist nicht eine besondere Beziehung zwischen jenen beiden Gebilden der Grund für den Verlauf und die Anheftungsweise der Protoplasmastränge.

Uebrigens ist auch die Verbindung der Protoplasmastränge mit den Amylumheerden bei *Spirogyra* keineswegs eine durchaus constante und ausnahmslose. Pringsheim selbst erwähnt bereits, dass gelegentlich solche Stränge an Stellen ansetzen, wo keine Amylumheerde vorhanden sind (was ich durchaus bestätigen kann); und andererseits findet man, wie Pringsheim ebenfalls bereits angiebt (p. 305 Anm.), häufig Amylumheerde, namentlich regelmässig an den Enden längerer Zellen, an welche keine Protoplasmastränge sich anheften. Dass im ersteren Falle an den Stellen, wo solche Stränge endigen, nachträglich Amylumheerde auftreten, wie Pringsheim behauptet, dafür konnte ich selbst in meinen Beobachtungen keinen Anhalt finden, und leider sagt Pringsheim nichts darüber, ob seine betreffende Angabe auf direkte Beobachtung sich stützt oder

A. **Braun**[1]) die zahlreichen Amylumheerde in den Zellen von *Hydrodictyon* sämmtlich durch Neubildung entstehen. Ferner konnte ich mich beim Studium der Siphonocladaceen vielfach nicht des Eindruckes erwehren, dass die Vermehrung der Amylumheerde, die zum Theil thatsächlich durch Zweitheilung erfolgt, zum Theil auch durch Neu-

---

durch Combinirung verschiedener Entwicklungsstadien erschlossen ist. Andererseits aber lässt sich leicht bei der Theilung längerer Zellen constatiren, dass Protoplasmastränge die Vorsprünge der Amylumheerde, an denen sie bisher angefügt waren, verlassen, um andere Anheftungsstellen aufzusuchen.

Unter Berücksichtigung aller dieser Momente kann ich somit bei *Spirogyra* den Zusammenhang der Protoplasmastränge mit den Amylumheerden nur für einen äusserlichen halten, dem keine tiefere Bedeutung zu Grunde liegt, ebenso wie ich auch zwischen Zellkern und Amylumheerden weder hier, noch bei anderen Algen (wie z. B. auch in der oben erwähnten, unmittelbar benachbarten Lagerung von Zellkern und Amylumheerd in den Zellen mancher Arten von *Oedogonium*) eine andere als eine rein äusserliche, räumliche Beziehung zu erkennen vermag. —

Pringsheim nennt an der angeführten Stelle das Pyrenoid im Inneren der Amylumheerde einen „einem Nucleus ähnlichen Kern". Schon früher hatte Cohn (Beiträge zur Biologie der Pflanzen. I. p. 109 ff.) in ähnlicher Weise das Pyrenoid der einzelnen „Amylumkerne" in den Zellen von *Gonium*, *Chlamydomonas*, *Eudorina*, *Pandorina*, *Volvox* u. a. Algen mit dem Zellkern verglichen, ja sogar zuletzt „mit der grössten Wahrscheinlichkeit" geradezu als Zellkern der betreffenden Algenzellen angesprochen. Ich selbst habe nun schon anderwärts (Sitzb. d. niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn. 1879. Sitzung am 2. August) gezeigt, dass der Zellkern dieser Algenzellen an ganz anderer Stelle zu suchen ist. Allein die Aehnlichkeit der Färbungsreactionen dieser „Kerne" der Amylumheerde mit ächten Zellkernen, worauf Cohn seine damalige Deutung wesentlich stützte, bleibt gleichwohl bestehen, ebenso wie auch bei den „Kernen" der Amylumheerde von *Spirogyra*. Diese Aehnlichkeit ist jedoch, wie eine genauere Untersuchung darthut, in Wirklichkeit nur eine einseitige, nicht eine vollständige. Denn bei genauerer Untersuchung weisen die Farbenreaktionen nur auf eine Analogie der Pyrenoide mit den Nucleolen der Zellkerne hin, nicht aber auf eine Analogie der Pyrenoide mit den Zellkernen selbst.

1) A. Braun, Verjüngung p. 211.

bildung erfolgen möchte. Doch ist fast in allen Fällen dieser Art eine sichere Entscheidung der Frage, ob in der That Neubildung zur Vermehrung der Amylumheerde beiträgt, eine recht schwierige und unsichere, da eine direkte Beobachtung der Neubildung kaum möglich ist.

Im Allgemeinen aber überwiegt meinen Beobachtungen zufolge bei den Algen jedenfalls die Vermehrung durch Theilung und zwar sowohl bei den nackten Pyrenoiden, als auch bei den stärkeumhüllten Pyrenoiden der Amylumheerde.

IX.

In den vorausgehenden Abschnitten ist die Gestalt und Struktur der fertig ausgebildeten Chromatophoren eingehender geschildert worden. Diese Gestalt der Chromatophoren ist jedoch keineswegs in der Weise constant und unveränderlich, dass nicht mancherlei Umänderungen der einmal gebildeten Form, ganz abgesehen von den Veränderungen des Wachsthums, stattfänden. Vor allem pflegt die Configuration des Randes der grösseren, scheibenförmig abgeflachten Chromatophoren eine sehr veränderliche zu sein, namentlich wenn dieser Rand mannigfach gelappt und zertheilt ist (z. B. bei *Spirogyra*). Von wesentlichem Einfluss auf derartige Umgestaltungen der Gesammtform der Chromatophoren ist bekanntlich ein Wechsel der Beleuchtung, wie jüngst Stahl [1]) des näheren nachgewiesen hat. Allein auch unabhängig von einer solchen Veränderung der Beleuchtung oder einer anderen unmittelbaren äusseren Einwirkung treten Umformungen und Umgestaltungen der Chromatophoren, durch welche die allgemeine Gestalt derselben nicht weiter beeinträchtigt wird, anscheinend spontan auf. So zeigten mir z. B. die gelappten scheibenförmigen Chromatophoren von *Melosira nummu-*

1) Stahl in Bot. Zeitung. 1880. p. 361 ff.

loides bei längerer Beobachtung unter dem Mikroskop eine zwar langsame, aber deutliche Umgestaltung des Randkonturs zugleich mit einer langsamen Veränderung des Ortes [1]), ohne dass ich diese Umgestaltung auf eine bestimmte äussere Einwirkung zurückzuführen vermochte. Daraus folgt, dass auch der Grundsubstanz der Chromatophoren eine gewisse, wenn auch beschränkte aktive Beweglichkeit, die ja für das Protoplasma im Allgemeinen charakteristisch ist, zukommt, eine Beweglichkeit, die jedoch durch äussere Agentien, wie z. B. das Licht, wesentlich erhöht werden kann.

Ob aber diese aktive Beweglichkeit ausreicht, um eine vollständige Ortsveränderung der Chromatophoren innerhalb der Zelle herbeizuführen, dürfte wohl mit Recht zweifelhaft erscheinen. Thatsächlich werden jedoch nicht nur unter der Einwirkung äusserer Agentien Veränderungen der Stellung der Chromatophoren vollzogen (so richten sich bekanntlich in den Fadenzellen von *Mesocarpus* auf dem Objektträger unter dem Mikroskope die Chlorophyllplatten senkrecht zu der Richtung der einfallenden Lichtstrahlen [2]); so rücken ferner bei *Triceratium*, *Amphitetras*, *Biddulphia* und zahlreichen anderen marinen Bacillariaceen die kleinen, wandständigen, scheibenförmigen Chromatophoren infolge mechanischer Eingriffe in das Zellenleben, z. B. das Uebertragen der Zellen auf den Objektträger, auf den radial verlaufenden Protoplasmasträngen nach der Zellmitte hin und häufen sich rings um den Zellkern an), sondern es ändert sich auch in einzelnen Fällen anscheinend unabhängig von jeder äusseren Einwirkung fort und fort die Anordnung und Vertheilung der Chromatophoren, die z. B. bei den Siphoneen oft in der regellosesten Weise in der Zelle sich umherbewegen. Solche Ortsveränderungen innerhalb der lebenden Zelle aber dürften wohl im

---

1) In gleicher Weise hat bereits Lüders (Bot. Zeitung. 1862. p. 42) in den Zellen von Bacillariaceen „einen fortwährenden, wenn auch langsamen Wechsel in der Lage der farbigen Körper zu einander“ beobachtet.

2) Vgl. Stahl l. c. p. 301.

Wesentlichen auf die Bewegung des gesammten Zell-Protoplasmas zurückzuführen sein, ohne dass dazu die eigene aktive Beweglichkeit der Chromatophoren in nennenswerthem Grade mitwirkte.

Von solchen Gestaltungsänderungen, die entweder spontan oder infolge äusserer Einwirkungen an den ausgebildeten Chromatophoren auftreten, sind nun wohl zu unterscheiden die Gestaltungsänderungen infolge des Wachsthums. Bei allen Chromatophoren, mag ihre äussere Gestalt sein, welche sie wolle, findet von ihrer ersten Entstehung an eine allmähliche Grössenzunahme, ein Wachsthum, statt, meist solange überhaupt die Zelle selbst die genügende Lebenskraft besitzt. Dieses Wachsthum erfolgt unter Vermehrung der Grundsubstanz des Chromatophors in der Weise, dass die vorhandene Substanz auf ein grösseres Volumen sich ausdehnt, und zugleich ihre Masse unter Intussusception von Bildungsmaterial sich vermehrt, in derselben Weise also, wie das Wachsthum des lebenden Protoplasmas im Allgemeinen sich vollzieht. Dabei kann dieses Wachsthum ein allseitig gleichmässiges oder ein lokal gefördertes sein, die Gesammtgestalt des wachsenden Chromatophors dieselbe bleiben oder allmählich sich umformen.

In letzterer Beziehung bieten die einzelnen Algenspecies die mannigfaltigsten Verschiedenheiten dar, von denen hier nur einige wenige Beispiele hervorgehoben werden können. So bleibt z. B. bei vielen Palmellaceen (*Palmella*, *Gloeocystis*, *Chlamydomonas* u. a.) die muldenförmige Gestalt des Chromatophors im Allgemeinen unverändert erhalten, während die Grösse desselben beim Heranwachsen der ganzen Zelle ziemlich bedeutend zunimmt. Im Gegensatze dazu wachsen in den grösseren Zellen sehr vieler Florideen (*Ceramium*, Arten von *Polysiphonia*, von *Callithamnion* u. s. w.) die Chromatophoren, die Anfangs kleine Scheibchen von rundlich-eckigem Umriss darstellen, allmählich zu langen, schmalen, gerade gestreckten oder geschlängelten, ungetheilten oder mannigfach gelappten

Bändern[1]) heran. — Bei *Draparnaldia glomerata* enthalten die jüngsten Zellen (Fig. 14) stets einen wandständigen, scheibenförmig abgeplatteten Chlorophyllring mit meist zwei Amylumheerden; während die Zelle heranwächst, dehnt sich dieser Ring unter Vermehrung seiner Amylumheerde aus, sein Rand beginnt sich zu zertheilen, in seiner Mitte treten immer zahlreicher kleinere und grössere Löcher und Spalten auf (Fig. 13), und schliesslich findet sich in den grossen Gliederzellen der Stämmchen je ein breiter, zierlich gitterförmig durchbrochener Chlorophyllring mit sehr reich gelapptem und zertheiltem Rande. — Ganz ähnliche Gestaltungsänderungen während des Wachsthums zeigen die scheibenförmigen Chromatophoren zahlreicher anderer Algen (*Ulothrix*, *Oedogonium*, *Hydrodictyon*, *Ulva*, *Urospora* u. s. w., u. s. w.), doch kann auf die Einzelheiten dieses Vorgangs nur das Specialstudium der betreffenden Formen näher eintreten. In allen Fällen jedoch wird die Aenderung der Gesammtgestalt während des Wachsthums erreicht durch eine lokal geförderte Ausdehnung des ganzen Chromatophors oder einzelner Abschnitte desselben. —

Durch diese mehr oder weniger ausgiebige Veränderung der Gestalt der Chromatophoren während des Wachsthums wird das Aussehen der einzelnen Algenzelle, deren Physiognomie ja wesentlich bestimmt wird durch die Gestaltung der Chromatophoren, vielfach nicht unbeträchtlich verändert. Von dem grössten Einfluss auf dieses Aussehen der Zellen ist nämlich stets das Verhältniss, in welchem das Wachsthum der Chromatophoren zu der Grössenzunahme der ganzen Zelle steht. Da zeigt sich nun, dass ein gleichmässiges Wachsthum der Chromatophoren und der ganzen Zelle keineswegs die Regel ist. Im Gegen-

1) Bei manchen dieser Florideen zeigen die Chromatophoren in älteren, grösseren Thalluszellen eine sehr mannigfaltige Ausbildung der Gestalt bei sehr wechselnder Anordnung. Sehr wechselzolle Bilder bietet namentlich ein Vergleich der grossen Internodialzellen der *Ceramium*-Arten, bei denen vielfach die schmal-bandförmigen, längslaufenden Chromatophoren seitlich über einander hingreifen und sich in mannigfaltiger Weise verschränken.

theil, sehr häufig lässt sich beobachten, dass die Ausdehnung der ganzen Zelle in weit ausgiebigerem Maasse stattfindet als die Grössenzunahme der Chromatophoren, wie z. B. die bereits erwähnten Stammzellen von *Draparnaldia glomerata* (vgl. Fig. 14 mit Fig. 13) beweisen. Andererseits aber erfolgt auch ebenso oft das Wachsthum der Chromatophoren weit energischer als die Grössenzunahme der ganzen Zelle. Ob eines oder das andere stattfindet, oder ob die Grössenzunahme der ganzen Zelle und der Chromatophoren ganz gleichmässig fortschreitet, das lässt sich am sichersten entscheiden in Zellen, deren scheibenförmige Chromatophoren der Aussenwand angelagert sind und hier einen bald grösseren, bald kleineren Theil der ganzen Wandfläche bedecken. Bei überwiegendem Wachsthum der ganzen Zelle nehmen sie nur einen kleineren Theil der Wandfläche ein, die Zelle selbst erscheint deshalb ziemlich wenig gefärbt; bei verlangsamter Grössenzunahme der ganzen Zelle aber breitet sich die Schicht der Chromatophoren seitlich aus und schliesst zugleich immer enger in sich zusammen, um zuletzt die ganze Aussenwand zu bedecken und vielfach auch noch auf die angrenzenden Seitenwände der Zelle hinüberzureichen oder die ganze Wandung der Zelle mit einer geschlossenen Schicht zu überziehen. Die ganze Zelle erscheint dadurch immer intensiver gefärbt; und schliesslich entsteht dadurch leicht der Anschein, als ob die ganze Zellwand von einem gleichmässig gefärbten Plasma ausgekleidet oder der ganze Innenraum der Zelle von einem solchen ausgefüllt sei (wie dies in der That vielfach bis in die neueste Zeit hinein irrthümlicher Weise, namentlich für grüne Algen, behauptet wird [1]). Letzteren Anblick aber pflegen die einzelnen Zellen namentlich dann darzubieten, wenn bei Beendigung des vegetativen Wachsthums die einzelne Zelle sich zur Fruktification oder zum Uebergang in den Dauerzustand

1) In der That ist es auch an solchen Zellen (z. B. an den verschiedenartigen, einzelnen oder verbundenen grünen Algenzellen, die man, oft in grosser Anzahl, im Gewebe abgestorbener Sprosse von *Lemna trisulca* eingeschlossen findet) oft äussert schwierig, die genauere Struktur der Chromatophoren festzustellen, und ermöglicht häufig allein die Vergleichung jüngerer Entwicklungsstadien eine sichere Entscheidung.

anschickt. Dasselbe wird auch dann regelmässig beobachtet, wenn man Algen ihrem natürlichen Standorte entnimmt und nun im Zimmer unter den meist ungünstigeren Lebensbedingungen weiter kultivirt, mag es sich dabei um Süsswasseralgen handeln oder um marine Formen, um grüne Algen oder um braune oder rothe. —

Auf das Aussehen der ganzen Zelle hat aber nicht allein die Grösse der Chromatophoren einen wesentlich bestimmenden Einfluss, sondern ebenso auch die Tiefe des Farbentones, der denselben eigen ist. Dieser Farbenton aber bleibt keineswegs stets constant. Während der allmählichen Grössenzunahme der Chromatophoren vermehrt sich nämlich die Masse des Farbstoffs, welcher dieselben durchtränkt, keineswegs stets in gleichem Verhältniss, vielmehr vollzieht sich die Zunahme dieses Farbstoffs bald gleichmässig, bald schneller oder langsamer als die Zunahme der Grundmasse des Chromatophors: die heranwachsenden Farbstoffkörper bleiben bald gleichmässig intensiv gefärbt, bald nimmt die Intensität ihrer Färbung deutlich zu, bald ebenso deutlich ab. Letzteres zeigt sich am auffallendsten in sehr rasch wachsenden Zellen mancher Algen, z. B. häufig bei *Cladophora*, *Oedogonium* u. s. w., in denen die Färbung der Chromatophoren oft so schwach wird, dass die Randkonturen derselben nur mit grosser Mühe erkannt werden können, namentlich wenn dieselben noch dazu sehr dünn sind.

Es ist dann oft nur mit grösster Mühe unter Zuhülfenahme der stärksten Vergrösserungen möglich, die Gestaltung der Chromatophoren solcher Zellen sicher festzustellen; ja zuweilen gelingt dies mit Sicherheit nur dadurch, dass man solche bleichen Algen oder Theile von Algen kurze Zeit im Zimmer kultivirt, wobei dann rasch ein Nachdunkeln der Chromatophoren einzutreten pflegt. Diese letztere Thatsache aber bietet dann zugleich wieder ein recht augenfälliges Beispiel dafür, dass die Zunahme des Farbstoffs innerhalb eines Chromatophors in weit ausgiebigerer Weise erfolgen kann als die Grössenzunahme des Chromatophors selbst.

Eine solche ungleiche Vermehrung von Grundmasse

und Farbstoff tritt aber natürlich am auffallendsten in solchen Chromatophoren hervor, die Anfangs vollständig farblos sind und erst allmählich sich färben. Am Thallus sehr zahlreicher Algen ist ein besonderes farbloses Meristem gar nicht ausgebildet. Alle Zellen des ganzen Thallus vermehren sich gleichmässig und sind gleichmässig gefärbt (*Prasiola*, *Porphyra* u. s. w., u. s. w.); oder es ist zwar ein besonderes Theilungsgewebe durch Lokalisirung der Zellvermehrung an der Spitze oder inmitten des Thallus (z. B. bei dem sog. trichothallischen Wachsthum) ausgebildet, allein die Zellen dieses Meristems enthalten ebenso wie die sämmtlichen übrigen Thalluszellen gefärbte Chromatophoren (z. B. Chaetophoreen, Sphacelarieen, Ectocarpeen, Dictyotaceen und zahlreiche andere Phaeophyceen, sehr viele Florideen [*Callithamnion*, *Griffithsia*, *Bornetia*, *Spermothamnion* u. s. w.]). In anderen Fällen jedoch ist, ebenso wie bei der Mehrzahl der Archegoniaten und Phanerogamen, das besonders lokalisirte Theilungsgewebe farblos, seine Zellen enthalten farblose oder fast farblose Chromatophoren, die gleichwohl fortgesetzt sich vergrössern und vermehren, und erst in denjenigen Thalluszellen, die aus dem Theilungsgewebe hervortreten, tritt deutlich Farbstoff in den Chromatophoren auf. So ist es z. B. in sehr anschaulicher Weise bei zahlreichen grösseren Florideen zu beobachten. In analoger Weise sind in den Meristemzellen der Characeen die Chromatophoren meist vollkommen farblos, sodass es ausserordentlich schwierig wird, überhaupt von dem Vorhandensein derselben sich zu überzeugen, zumal die Dichte ihrer Grundsubstanz mit der Dichte des umgebenden Protoplasmas fast vollständig übereinstimmt; nur zuweilen wird an diesen Chromatophoren der Meristemzellen eine schwache Färbung sichtbar. Intensivere Färbung aber erlangen solche bleichen oder farblosen Chromatophoren erst in den nächstälteren Zellen, in denen sie zugleich an Grösse beträchtlich zunehmen.

In den heranwachsenden Chromatophoren vollzieht sich ferner zuweilen eine mehr oder weniger einschneidende Veränderung des vorhandenen Farbstoffes, die bis zur völligen Entfärbung der Chromatophoren fortschreiten

kann. Dies tritt z. B. nicht selten ein in den Zellen der Rhizoiden und Haare grösserer Algen und zwar sowohl bei grünen, als auch bei braunen und rothen Algen. Bei der ersten Anlage dieser Rhizoiden und Haare enthalten die Zellen noch deutlich gefärbte Chromatophoren; allmählich, je mehr die Rhizoiden und Haare selbst in die Länge wachsen, wird in den Chromatophoren die Färbung immer weniger intensiv; schliesslich enthalten die Zellen fast vollständig farblose Farbstoffkörper, die oft nur mit grosser Mühe zu erkennen sind, oder es gehen diese entfärbten Chromatophoren schliesslich vollständig zu Grunde. (Haare in den Conceptakeln von *Fucus vesiculosus* u. s. w.) [1]).

Eine gleiche Entfärbung gefärbter Chromatophoren tritt ferner vielfach dann ein, wenn an älteren Theilen eines reicher differenzirten Thallus ein farbloses Meristem neugebildet wird, wenn z. B. an älteren Theilen einer grösseren Floridee (*Gracilaria*, *Rhodymenia* u. s. w.) ein neuer Ast angelegt wird oder eine oberflächliche Gewebewucherung zur Ausbildung der Fortpflanzungszellen (ein sg. Nemathecium) sich bildet (*Polyides*, *Peyssonelia* u. s. w.). Auch hier beginnen mit der Vermehrung der ganzen Zellen die Chromatophoren sich reichlich zu theilen und zu vermehren. Allein ihre Färbung wird dabei deutlich weniger intensiv, und in den neugebildeten Meristemzellen selbst nimmt sie bald denselben Farbenton an, der auch sonst den Meristemzellen der betreffenden Alge eigen ist.

Aehnliche Erscheinungen sind ferner ziemlich häufig bei der Ausbildung der männlichen Sexualzellen zu beobachten. Bei den Chlorophyceen pflegen die Chlorophoren hier vielfach eine matt grünliche (*Bryopsis*) oder gelbliche Färbung anzunehmen oder fast vollständig zu verblassen

---

1) Uebrigens zeigen Haare und Rhizoiden bei zahlreichen anderen Algen in dieser Beziehung ein durchaus abweichendes Verhalten und behalten in sämmtlichen Zellen während ihrer ganzen Entwicklungszeit gefärbte Chromatophoren (so z. B. die langen Haare von *Chaetophora* und *Draparnaldia*, die Rhizoiden von *Batrachospermum* u. a. m.). Weiter unten wird hiervon noch ausführlicher die Rede sein.

(*Sphaeroplea*[1]) und *Volvox*[2]) nach Cohn), während in dem umgebenden Protoplasma öfters orangegelbe oder gelbrothe Tröpfchen in wechselnder Menge sichtbar werden (*Oedogonium diplandrum*, *Cylindrocapsa*[3])). Ebenso geht auch bei rothen und braunen Algen die Färbung, welche die Chromatophoren der Mutterzellen Anfangs besitzen, vielfach bei der Ausbildung der männlichen Sexualzellen mehr oder weniger vollständig verloren, oder es verlieren sogar die Chromatophoren selbst vollständig ihre bisherige selbstständige Abgrenzung und gehen zu Grunde.

Seltener treten analoge Verfärbungen oder gar Entfärbungen der Chromatophoren bei der Ausbildung der weiblichen Sexualzellen, die bei den meisten Algen vielmehr besonders intensiv gefärbt zu sein pflegen, auf. Nur bei den Characeen sind die weiblichen Sexualzellen stets farblos, und auch die Florideen besitzen vielfach (keineswegs jedoch immer, wie z. B. *Nemalion* und *Helminthocladia* beweisen) farblose weibliche Sexualzellen. Bei den letzteren beruht dies zum Theil darauf, dass die gefärbten Chromatophoren der Mutterzellen während der Entwicklung der weiblichen Sexualzelle sich entfärben (*Batrachospermum*), zum Theil aber auch darauf, dass diese Sexualzellen der Chromatophoren selbst vollständig entbehren (*Callithamnion*). Bei den Characeen dagegen, den einzigen grünen Algen, deren weibliche Sexualzellen vollständig farblos sind, entstehen diese Sexualzellen, die Centralzellen der Sporenknospen, direkt aus farblosen Meristemzellen und behalten dementsprechend auch die farblosen Chromatophoren der letzteren bei.

---

1) Cohn, Mémoire sur le développement . . . du *Sphaeroplea annulina* (Ann. d. sc. nat. bot. 4 sér. tome 5. p. 198 ff.).

2) Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen I. 3. p. 101—102.

3) In dieser Weise glaube ich nämlich auf Grund meiner Beobachtungen an anderen rothgefärbten Algenzellen die Angaben von Juranyi (Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. IX. p. 5—6) über *Oedogonium diplandrum* und von Cienkowski (Mélanges biol. de l'acad. imp. d. sciences de St. Pétersbourg. IX. 1877. p. 565) über *Cylindrocapsa involuta* deuten zu dürfen.

Im Anschluss an die besprochenen Verfärbungen und Entfärbungen, die im Laufe der Entwicklung der Chromatophoren auftreten, sei dann noch in Kürze der eigenthümlichen Färbungen der Chromatophoren gedacht, die, abweichend von der typischen Färbung der betreffenden Algen-Species, in einzelnen Zellen auftreten. Das prägnanteste Beispiel hierfür bieten die Antheridien der Characeen dar, in deren Wandung die Chromatophoren intensiv zinnoberroth gefärbt sind. Und zwar tritt hier diese rothe Farbe direkt in den bisher farblosen Chromatophoren hervor, ohne dass zuvor eine grüne Färbung derselben, die sich allmählich in roth verwandelte, sichtbar geworden wäre. Doch sind solche heterotypischen Färbungen der Chromatophoren im Allgemeinen bei den Algen ausserordentlich selten und nirgends, so weit ich finden kann, mit den mannigfaltigen Umformungen der Gestalt verbunden, die z. B. in den Blumenblättern der Phanerogamen so vielfach beobachtet werden.

X.

Das Grössenwachsthum der Chromatophoren ist nun allgemein ein begrenztes. Dasselbe schreitet längere Zeit hindurch fort, um endlich stille zu stehen oder um durch ein Theilungsverfahren abgelöst zu werden. In den vegetativen Zellen, die sich lebhaft vermehren, wechseln Wachsthum und Theilung der Chromatophoren regelmässig mit einander ab, ebenso wie Wachsthum und Theilung der Zellen selbst. In denjenigen Zellen dagegen, die zu Dauerzellen werden, oder die zu Fortpflanzungszellen sich gestalten, wird dieser Wechsel unregelmässig, und überwiegt hier bald das Wachsthum, bald die Theilung der Chromatophoren, bis schliesslich beim Uebergang in den Dauerzustand alle fernere Gestaltveränderung derselben unterbleibt, oder beim Beginn eines neuen Vegetationscyclus der regelmässige Wechsel von Wachsthum und Theilung von neuem seinen Anfang nimmt.

Diese Theilung der Chromatophoren ist in den meisten Fällen Zweitheilung, selten Vieltheilung. Im ersteren Falle zerfällt das Chromatophor bald in zwei gleiche, bald in zwei ungleiche Theile, im letzteren ebenfalls bald in gleiche, bald in ungleiche Stücke.

Der Theilungsprozess selbst vollzieht sich bei den Chromatophoren der verschiedenen Algen in ziemlich verschiedenartiger Weise; doch lassen sich die verschiedenen Einzelfälle leicht auf zwei Haupttypen zurückführen, die in mehr oder weniger modificirter Gestalt überall wiederkehren.

Der einfachste Modus der Theilung ist die einfache Durchschnürung. Das alte Chromatophor dehnt sich mehr oder weniger in die Länge. Dann tritt, der Theilungsebene entsprechend, an der Aussenfläche des Chromatophors eine ringsumlaufende Furche auf, die erst sehr seicht ist, allmählich aber immer weiter nach innen vordringt. Das Chromatophor schnürt sich dadurch in der Mitte ein, und diese Einschnürung dringt immer weiter nach innen vor, das Verbindungsstück der beiden Theilhälften wird immer schmaler. Schliesslich wird dasselbe zu einem ganz dünnen Strange (Fig. 21 $_9$) und reisst endlich entzwei, die beiden Theilhälften trennen sich dadurch vollständig und rücken nun allmählich mehr oder weniger weit auseinander. Dabei kann jenes Verbindungsstück entweder bis zur Vollendung der Theilung seine ursprüngliche Länge behalten, oder es kann dasselbe zu einem mehr oder minder langen, dünnen Strange sich ausziehen, der die auseinanderrückenden beiden Theilstücke noch kürzere oder längere Zeit verbindet, bis er an irgend einer Stelle zerreisst, und so die Trennung der beiden Theilstücke sich vollendet.

Während so bei diesem Modus der Theilung die Substanzmasse des alten Chromatophors, welche in der Theilungsebene gelegen ist, allmählich zu einem einzelnen dünnen Strange, der zuletzt entzwei reisst, sich zusammenschnürt, erscheint als das wesentliche Moment des zweiten Typus eine Zerschneidung des alten Chromatophors ohne derartige Contraktion der Chromatophoren-Substanz. Die-

jenige Substanzmasse, welche der Theilungsebene entspricht, wird hier senkrecht zu dieser Theilungsrichtung ein wenig gedehnt. Dadurch nimmt diese (bisher feinnetzige) Substanzmasse eine mehr oder weniger deutliche längsstreifige Struktur an und erscheint (infolge mehr oder minder weitgehender Verschmelzung der gestreckten Netzfibrillen) bald zu einer geringeren Anzahl derberer Längsfasern, bald zu einer grösseren Anzahl feinerer paralleler Fibrillen umgeformt; in anderen Fällen aber ist die längsstreifige Struktur zu fein, als dass sie mit den bisherigen optischen Mitteln erkannt werden könnte. Diese derberen oder feineren Längsfasern ziehen sich dann unter Auseinanderrücken der beiden Theilstücke mehr oder weniger weit aus und reissen früher oder später durch, wodurch die Theilung des Chromatophors sich vollendet; oder es zeigt sich der direkten Beobachtung nur eine simultane glatte Zerschneidung des alten Chromatophors, ohne dass es mir bisher gelingen wollte, weitere Einzelheiten des Vorgangs zu erkennen. Im letzteren Falle erscheinen nach vollendeter Theilung die beiden Theilstücke mit vollständig glatten Konturen einander zugewandt. Im ersteren Falle dagegen ziehen sich die parallelen Fibrillen mehr oder weniger weit aus, bevor sie durchreissen, und zeigt sich infolgedessen der Rand der beiden auseinanderrückenden Theilstücke durch zahlreiche, kürzere oder längere Stümpfe dieser Fibrillen mehr oder weniger fein gezähnt. An diese Zähne (Fig. 15) aber heften sich dann mit Vorliebe derbere Fibrillen des hyalinen Protoplasmas an [1]).

---

1) Dieser Modus der „Zerschneidung“ der Chromatophoren schliesst sich, soweit ich aus den kurzen Referaten der ungarischen Original-Abhandlungen (Bot. Centralblatt 1880. I. p. 457—459 und 1881. [Bd. 7] p. 263) ersehen kann, der Theilungsweise der Chromatophoren, die Schaarschmidt für *Hartwegia comosa* u. a. Pflanzen beschrieben hat, ziemlich nahe an. Doch vermag ich aus diesen Referaten nicht zu erkennen, inwieweit im Einzelnen die Uebereinstimmung der beiderlei Auffassungen geht. — Jedenfalls aber stimme ich Schaarschmidt darin bei, dass die Theilung der Chromatophoren allgemein (wenigstens bei den Algen) nach zwei verschiedenen Typen, bald durch einfache Durchschnürung, bald in complicirterer Weise unter Bildung einer parallelfaserigen Mittelzone sich vollzieht.

Der Unterschied der beiden Theilungsweisen ist darnach im Wesentlichen darin begründet, dass im ersteren Falle in der Theilungsebene die Substanzmasse des alten Chromatophors zu einem einzelnen dickeren Strange sich zusammenzieht und dann erst sich zertheilt, im zweiten Falle dagegen zu einer grösseren Anzahl derberer Fibrillen oder zu einer noch grösseren Anzahl feinerer oder feinster Fibrillen sich auszieht, die nun ebenso wie jener einzelne Strang zuletzt durchreissen. —

In den Zellen der verschiedenen Algen erscheinen nun diese beiden Theilungsweisen in sehr mannigfaltiger Weise mit einander combinirt. Neben der typischen Durchschnürung und Zerschneidung der Chromatophoren finden sich die mannigfaltigsten Formen der Theilung, die beide Typen verbinden. So besteht eine sehr häufige Theilungsweise darin, dass, der Theilungsebene entsprechend, eine ringförmige Einschnürung am Rande des alten Chromatophors auftritt, diese Einschnürung aber nicht zur vollständigen Durchschnürung hinführt, sondern dass nun eine Zerschneidung, dem zweiten Typus entsprechend, die Theilung vollendet. Ja, so weit meine Beobachtungen reichen, ist diese letztere Theilungsweise bei kleinen scheibenförmigen Chromatophoren die allerhäufigste. In anderen Fällen erscheint die ringförmige Einschnürung schon ziemlich weit nach innen vorgedrungen, wenn die Zerschneidung eintritt und nun die Theilung vollständig zu Ende führt. Oder es führt (bei grösseren scheibenförmigen Chromatophoren) eine lokal begrenzte Zerschneidung zuerst zur Bildung von Spalten, die sich zu mehr oder weniger weiten Lücken erweitern, und erst später wird durch Zertheilung der verbindenden Stücke die Theilung selbst vollendet.

Neben diesen verschiedenen Combinationen von Durchschnürung und Zerschneidung ist es ferner eine ganz allgemein verbreitete Erscheinung, dass die Chromatophoren derselben Alge bald nach diesem, bald nach jenem Typus sich theilen. In einzelnen Fällen überwiegt wohl ein bestimmter einzelner Theilungsmodus, bisweilen so, dass er als der alleingültige erscheint; allein bei der Mehrzahl der Algen findet man die verschiedensten Theilungsweisen

neben einander, sei es in einer und derselben Zelle gleichzeitig, sei es in verschiedenen Altersstadien derselben Zelle nach einander, oder sei es auf die verschiedenen Zellen desselben Algenkörpers vertheilt. Und selbst in denjenigen Fällen, wo ausschliesslich ein einzelner Theilungsmodus herrschend erscheint, dürfte es wohl stets bei einiger Ausdauer gelingen, abweichende Formen der Theilung aufzufinden.

Bei dieser Theilung der Chromatophoren wird, wie schon erwähnt, der einzelne Strang (resp. die zahlreichen Fasern und Fibrillen) häufig zu ziemlicher Länge ausgezogen, bevor derselbe schliesslich zerreisst. Infolgedessen erscheinen dann die Theilstücke des Chromatophors in mehr oder minder lange Spitzen ausgezogen, oder es erscheint der Rand derselben mit mehreren, mehr oder minder vortretenden, spitzen Zähnen besetzt. Diese Spitzen und Zähne der gefärbten Chromatophoren-Substanz sind dann unmittelbar nach vollendeter Theilung vielfach durch derbere Fibrillen hyalinen Protoplasmas verbunden, und auch späterhin setzen vielfach derbere Protoplasmafibrillen an dieselben an (Fig. 15). Doch habe ich mich nicht überzeugen können, dass diese hyalinen Fibrillen aus der Substanz der Chromatophoren selbst hervorgebildet würden [1]),

---

1) Nach Schaarschmidt (l. c.) sollen bei der Theilung der Chromatophoren von *Vaucheria* und ebenso bei manchen Bacillariaceen (z. B. *Odontidium vulgare* und *Himantidium pectinale*) zwischen den Theilkörpern parallele Fäden ausgesponnen werden, analog wie dies bei der Theilung der Zellkerne der Fall zu sein pflegt. Darnach sieht also Schaarschmidt die genannten Protoplasmafibrillen als Produkte der Chromatophoren selbst an und betrachtet dieselben als entfärbte Abschnitte jener Fasern und Fibrillen des Chromatophors, die bei der „Zerschneidung“ desselben auftreten, Diese Fasern würden dann allerdings denselben Ursprung besitzen wie die Verbindungsfäden bei der indirekten Theilung der Zellkerne. Meiner Auffassung nach handelt es sich dagegen nur um derbere Fibrillen des hyalinen Protoplasmas, welches die Chromatophoren umgibt.

Die Entscheidung dieser Frage durch direkte Beobachtung der Theilungsstadien ist eine äusserst schwierige, und lassen sich die Thatsachen, die ich selbst beobachten konnte, gleich gut mit

etwa durch stärkere Dehnung und Entfärbung der gefärbten Fasern und Fibrillen entstünden. Ich sehe in denselben vielmehr einfach derbere Fibrillen des umhüllenden Protoplasmas, Fibrillen eben derselben Art, wie die derberen oder feineren Fibrillen, welche man so vielfach an die Aussenfläche der Zellkerne sich anheften sieht [1]).

Dieser allgemeinen Schilderung der Theilung der Chromatophoren seien nun noch einige Einzelheiten hinzugefügt.

---

beiden Auffassungsweisen vereinigen. Einen Fall, in dem die Auffassung Schaarschmidt's klar und deutlich erwiesen gewesen wäre, die gefärbte Chromatophoren-Substanz in der Theilungsebene sich zu Fäden ausgezogen und alsdann zu hyalinen Protoplasmafibrillen sich umgewandelt hätte, habe ich noch nirgends auffinden können. Dagegen liegt in dem Fall der typischen „Durchschnürung" ein Fall klar zu Tage, in welchem die gesammte Substanzmenge des Chromatophors in die beiden Theilstücke eingeht. Die typische „Zerschneidung" der Chromatophoren aber lässt in allen von mir bisher beobachteten Fällen, wie oben gezeigt, die gleiche Deutung ebenfalls zu, wenn dieselbe auch, wie gesagt, die Deutung Schaarschmidt's, wonach bei der Theilung ein mittlerer Abschnitt des Chromatophors an das Protoplasma abgegeben wird, nicht minder gestattet. Da glaube ich, solange nicht andere zwingende Thatsachen hinzukommen, jene Deutung, welche eine einheitliche Zusammenfassung der sämmtlichen Thatsachen ermöglicht, vorziehen zu sollen, zumal ja auch die beiderlei Typen der Theilung so vielfach mit einander abwechseln und sich combiniren.

Derbere Protoplasmafibrillen findet man ferner sehr häufig in allen Entwicklungsstadien an die Aussenfläche von Chromatophoren angeheftet: sie bilden dann aber überall deutlich einen Bestandtheil des umgebenden Protoplasmas, nicht einen Theil, etwa einen Cilienüberzug, der Chromatophoren selbst. Das lässt sich an gut gehärteten Präparaten leicht feststellen. Jene Deutung dieser Fibrillen als Cilien, „welche möglicherweise die Bewegung der Chlorophyllkörner hervorrufen oder wenigstens unterstützen" (Bot. Centralbl. 1880. I. p. 459), dürfte denn auch Schaarschmidt selbst wohl kaum lange festgehalten haben, da das Referat seiner zweiten Abhandlung (l. c. 1881. [Bd. 7] p. 263) nichts mehr davon erwähnt.

1) Schmitz in Sitzungb. d. niederrhein. Ges. für Natur- u. Heilk. zu Bonn. 1880. (Sitzung am 13. Juli) p. 177 (p. 19 des Sep.-Abdr.).

Bei den kleinen scheibenförmigen Chromatophoren, welche in Mehrzahl in der einzelnen Algenzelle vorhanden sind, pflegt sich das alte Chromatophor zunächst ein wenig in die Länge zu strecken und dann in der Mitte durch eine ringsumlaufende Furche ein wenig einzuschnüren. Solche Anfangsstadien der Theilung findet man beispielsweise sehr häufig in den Zellen der Biddulphieen (*Biddulphia*, *Triceratium*, *Amphitetras*, *Amphipentas*) und anderer Bacillariaceen, in den Zellen von *Microspora*, *Botrydium*, *Vaucheria* u. a. grünen Algen, ferner bei zahlreichen Phaeophyceen (*Fucus*, *Haligenia*, *Elachistea* u. s. w.) und sehr vielen Florideen (*Callithamnion*, *Spermothamnion*, *Griffithsia*, *Bornetia*, *Nitophyllum* u. s. w.). Dieser Einschnürung folgt dann zuweilen eine vollständige Durchschnürung nach, in den meisten Fällen aber wird die Theilung des Chromatophors durch Zerschneidung des Verbindungsstückes zu Ende geführt, wobei der Rand der beiden Theilstücke mehr oder weniger deutlich gezähnt (sehr deutlich z. B. bei *Botrydium*) oder fast vollständig glatt (z. B. bei den meisten Florideen) zu sein pflegt. Die beiden Hälften dehnen sich dann zur ursprünglichen Grösse des alten Chromatophors aus und rücken mehr oder weniger weit auseinander.

Diesen kleinen scheibenförmigen Chromatophoren schliessen sich zahlreiche längliche oder schmal bandförmige, flache Chromatophoren an, die bei der Theilung bald in gleiche, bald in ungleich grosse Abschnitte zerfallen. Solche finden sich z. B. bei manchen Phaeophyceen (*Ectocarpus* u. a.) und namentlich bei vielen Florideen der verschiedensten Familien. Bei diesen pflegt dann die Theilung vermittelst vollständiger Durchschnürung im Allgemeinen viel häufiger zu erfolgen als die Zerschneidung, und sieht man z. B. in den grossen Internodialzellen von *Ceramium* sehr häufig alle möglichen Stadien der Chromatophoren-Theilung mit mehr oder weniger lang ausgezogenem Verbindungsstrange.

In ebenderselben Weise vollzieht sich auch die Theilung bei solchen länglichen oder schmal bandförmigen Chromatophoren, welche mehrere Pyrenoide oder Amy-

lumherde enthalten. Hier schnüren sich die Chromatophoren meist einfach der Quere nach allmählich durch, die Gesammtzahl der vorhandenen Pyrenoide und Amylumheerde aber zerfällt dabei in zwei Partien, die den beiden Theilstücken des Chromatophors zufallen. In solcher Weise verläuft z. B. der Vorgang der Theilung bei *Urospora*, *Mesocarpus*, *Spirogyra* [1]) u. a. m.

Etwas complicirter gestaltet sich der ganze Vorgang der Theilung bei grösseren scheibenförmigen Chromatophoren mit oder ohne Pyrenoiden resp. Amylumheerden. Hier treten, wie ja schon oben erwähnt, auch ohne Theilung vielfach inmitten des Chromatophors Spalten und Lücken auf (*Oedogonium*, *Draparnaldia*). Bei Beginn der Theilung entstehen dann vielfach durch lokal begrenzte Zerschneidung ebensolche Spalten, der Theilungsrichtung entsprechend, verlängern sich darauf und vereinigen sich schliesslich mit den vom Rande der Scheibe her mehr oder weniger weit vordringenden Furchen der Theilungseinschnürung. Dadurch kommen oft sehr zierliche Gestalten zu Stande, z. B. in den schon mehrfach erwähnten Stammzellen der *Draparnaldia glomerata*, ferner bei manchen Arten von *Oedogonium* u. s. w., während einfachere Formen dieser Bildungsweise bei manchen Bacillariaceen (z. B. *Pinnularia viridis* nach Pfitzer) [2]) zu finden sind.

Bei den Siphonocladaceen verläuft die Theilung der Chromatophoren in etwas verschiedener Weise, je nachdem es sich um Zweitheilung der kleinen rundlich-eckigen Scheibchen oder um Zerstückelung grösserer Chlorophyllscheiben handelt. Bei den kleinen Scheibchen tritt der Modus der Zerschneidung meist in recht typischer Ausbil-

---

1) Den vorliegenden Angaben (z. B. Pringsheim in Jahrb. f. wiss. Bot. XII. p. 304 Anm. 1) zufolge findet bei einzelnen Arten von *Spirogyra* auch eine Vermehrung der Chromatophoren durch Längsspaltung der Chlorophyllbänder statt. Ich vermag jedoch über diese Theilungsweise hier keine näheren Angaben zu machen, da ich selbst noch nicht Gelegenheit hatte, derartige Formen von *Spirogyra* zu beobachten.

2) Pfitzer, Bau und Entwicklung der Bacillariaceen. Taf. 2. Fig. 5 s.

dung hervor (*Valonia*, *Chaetomorpha*). Meist ohne vorhergehende Bildung einer ringförmigen Einschnürung erscheint in der Theilungsebene die Substanz des Chromatophors zu einer Anzahl kurzer, paralleler Fasern gedehnt. Diese ziehen sich dann noch ein wenig aus und reissen darauf meist ungleichzeitig durch, worauf die Theilstücke mit feingezähntem Rande ein wenig auseinanderrücken, während in wechselnder Anzahl derbere Protoplasmafibrillen, die an jene Zähne ansetzen, dieselben noch in Verbindung erhalten (Fig. 15). Nicht selten kommt es dabei auch vor, namentlich in älteren Zellen mit netzig durchbrochener Chlorophyllschicht, dass in der Theilungsebene ein Theil der Substanz der Chromatophoren zu einem oder mehreren derberen Strängen sich zusammenzieht und dann mehr oder weniger weit ausgezogen wird, worauf dann diese Stränge durchreissen und als derbere vorgezogene Spitzen am Rande der Theilstücke hervortreten [1]). — Handelt es sich dagegen um Zerstückelung einer grösseren Chlorophyllscheibe, wie sie (vgl. oben p. 16) stellenweise infolge zeitweisen Unterbleibens der Theilung der Chromatophoren in den Zellen der Siphonocladaceen zu finden sind, so treten Spalten in der verschiedensten Richtung gleichzeitig oder ungleichzeitig in diesen Scheiben auf und zerlegen dieselben in zahlreiche ungleich grosse Abschnitte. Alle diese Spalten aber zeigen dieselben feingezähnten Ränder der Theilstücke, wie sie bei der Zweitheilung der kleinen Scheibchen soeben beschrieben worden sind. — In allen diesen Fällen jedoch erfolgt die Theilung der Chromatophoren ganz unabhängig von den vorhandenen Amylumheerden und ohne Rücksicht auf dieselben, die ihrerseits je nach der Richtung der Theilungsebenen einfach den einzelnen Theilungsstücken zufallen.

Im Wesentlichen übereinstimmend mit den bisher besprochenen Fällen, wenn auch dem äusseren Anscheine nach etwas abweichend, verlaufen die Theilungsvorgänge bei denjenigen Chromatophoren, die je ein einzelnes mittleres Pyrenoid oder einen einzelnen Amylumheerd enthalten.

1) Solche Chromatophoren sind in meiner Abhandlung über die vielkernigen Zellen der Siphonocladiaceen in Fig. 7 etwas zu schematisch wiedergegeben worden.

Der Hauptunterschied gegenüber den bisher besprochenen Fällen besteht hier nur darin, dass die Theilung des Chromatophors eingeleitet wird durch eine Theilung des Pyrenoids resp. des Amylumheerdes. Diese letztere Theilung ist dann entweder bereits vollendet, wenn die Theilung des Chromatophors mittelst Einschnürung vom Rande her beginnt (z. B. *Tetraspora lubrica*), oder diese Einschnürung wird bereits sichtbar, bevor die Theilung des Chromatophors vollständig zu Ende gelangt ist (*Gonium Tetras* nach Cohn [1])). In beiden Fällen fällt dann regelmässig die Theilungsebene des Pyrenoids resp. Amylumheerdes mit der Theilungsebene des ganzen Chromatophors zusammen, und greifen dadurch die beiden Theilungsvorgänge nicht nur zeitlich, sondern auch räumlich sehr enge ineinander, ohne dass jedoch dadurch eine wesentliche Abweichung von dem sonstigen Theilungsverfahren herbeigeführt würde.

Auch bei den mancherlei sternförmig gestalteten Chromatophoren handelt es sich bei der Zweitheilung stets um eine einfache Durchschnürung oder Zerschneidung des ganzen Körpers. Diese Zertheilung zerlegt dabei entweder zunächst allein das Mittelstück des sternförmigen Chromatophors, worauf dann an den beiden Theilhälften eine Vermehrung der Fortsätze (*Zygnema*), zum Theil durch Spaltung der vorhandenen von der Spitze her (wie dies z. B. in sehr deutlicher Weise an den einfachen Sternformen von *Licmophora flabellata* sichtbar ist), sich vollzieht; oder es vermehrt sich zuerst die Anzahl der Fortsätze durch Spaltung vom Rande her resp. durch Auswachsen neuer Fortsätze, und dann erst schnürt sich das Mittelstück des Chromatophors der Quere nach durch (*Cosmarium*, *Staurastrum* u. a. Desmidiaceen [2])); oder endlich eine und dieselbe Durchschnürung zertheilt zunächst die bandförmigen Fortsätze des Chromatophors und zuletzt das Mittelstück selbst (*Hyalotheca* Fig. 22 1, 2, 3, 6, 8). Die Anwesenheit von Pyrenoiden und Amylumheerden aber complicirt in allen diesen Fällen die Theilungsvorgänge im Einzelnen in ganz der-

1) Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen. II. p. 107.
2) Vgl. de Bary, Conjugaten p. 46—47.

selben Weise wie bei den zuvor besprochenen, flachscheibenförmig gestalteten Chromatophoren, ohne dass es jedoch hier einer besonderen Erwähnung der Einzelheiten bedürfte. —

Bei manchen Algen finden sich ferner die verschiedenartigsten Theilungsweisen der Chromatophoren neben einander, und mancherlei unregelmässige Gestaltungen mischen sich den regelmässigen Formen bei. Beispiele dafür bieten unter anderen die Schlauchzellen von *Vaucheria*, in denen nicht selten zwischen den kleinen länglichen Chorophyllscheibchen infolge verlangsamter oder unvollständiger Theilung langgestreckte oder hie und da eingeschnürte Gestalten oder infolge stärkerer Längsdehnung des Verbindungsstranges der Durchschnürung lang zugespitzte Formen der Chromatophoren zu finden sind.

Sehr wechselnde Gestalten aber zeigen besonders die langen Schlauchzellen von *Bryopsis plumosa* (Figur 21), namentlich die älteren Stammtheile derselben. Die kleinen dick-scheibenförmigen Chromatophoren dieser Alge besitzen bald mehr ovale, bald mehr spindelförmig verlängerte Gestalt und enthalten regelmässig ein einzelnes Pyrenoid bald mit, bald ohne Stärkehülle. Häufig erfolgt nun die Theilung dieser Chromatophoren durch einfache quere Durchschnürung in der Mitte, während das Pyrenoid sich gleichzeitig oder etwas früher in zwei gleiche Abschnitte zertheilt (Fig. 21 $_1$). Allein sehr häufig sah ich auch die Vermehrung der Chromatophoren in der Weise sich vollziehen, dass zunächst nahe dem einen Ende des Chromatophors eine schwache ringförmige Einschnürung sich bildete, worauf dann das kleinere Theilstück nach und nach zu der Grösse des grösseren Theilstückes heranwuchs (Fig. 21 $_{3,4,9,6,7}$) und schliesslich durch Zerschneidung von dem letzteren abgetrennt wurde. Das Pyrenoid des alten Chromatophors pflegte sich dabei meist erst kurz vor dieser Trennung (selten sehon früher) in zwei meist ungleiche Abschnitte zu theilen (Fig. 21 $_{5,\ 6,\ 7}$), worauf der kleinere Abschnitt in das andere Theilstück des Chromatophors hinüberwanderte und mit diesem dann bei der Theilung abgetrennt ward. — Nicht selten geschah es ferner bei diesen Chromatophoren,

dass die quere Durchschnürung nur sehr langsam zu Ende geführt wurde, indem das verbindende Stück während des Auseinanderrückens der beiden Theilstücke immer mehr sich in die Länge streckte und immer dünner sich auszog, sodass die beiden Theilstücke schliesslich in ziemlich lang zugespitzte Enden ausliefen oder noch längere Zeit durch einen dünnen, oft ziemlich langen Strang mit einander verbunden blieben (Fig. 21 [9]). In anderen Fällen (namentlich in älteren Stämmchen) dehnte sich der ganze Körper des Chromatophors selbst mehr und mehr in die Länge zu lang spindelförmiger Gestalt und spitzte sich mit den Enden zu, während in seinem Inneren das einzelne Pyrenoid durch wiederholte Theilung in zwei, drei oder selbst vier Pyrenoide resp. Amylumheerde zerfiel, die nun ebenso viele lokale Anschwellungen des spindelförmigen Chromatophors hervorriefen.

Aehnliche Variationen der Theilung der Chromatophoren finden auch bei manchen anderen Algen noch statt und führen zur Ausbildung mannigfach wechselnder Gestalten (z. B. bei *Ceramium*, *Polysiphonia* u. s. w.). Doch muss hier die vollständige Aufzählung aller vorkommenden Einzelformen der speciellen Bearbeitung der einzelnen Algen überlassen bleiben.

In analoger Weise wie die bisher beschriebene Zweitheilung, die dabei bald Gleichtheilung, bald Ungleichtheilung sein kann, vollzieht sich nun auch eine Theilung der Chromatophoren in mehr als zwei Stücke. Theils zerlegt dabei eine einfache Durchschnürung vom Rande her das alte Chromatophor in mehrere Abschnitte, theils kommen dieser Einschnürung Spalten und Lücken, die sich nach dem Typus der Zerschneidung inmitten des Chromatophors bilden, zu Hülfe.

Eine solche Vieltheilung aber erfolgt in vegetativen Algenzellen nur selten. Ja, im normalen Verlauf des Wachsthums findet sie, soweit meine bisherigen Beobachtungen reichen, nur in den grösseren Chlorophyllscheiben, die, wie oben erwähnt, zuweilen in den Zellen der Siphonocladaceen

auftreten, statt. Sonst pflegt es sich nur ausnahmsweise (z. B. in den langen Schlauchzellen der Siphoneen) zu ereignen, dass die Theilstücke eines Chromatophors sich von Neuem zu theilen beginnen, ehe die erste Theilung vollendet ist (Fig. 21 9); doch sind solche Fälle im Allgemeinen selten. — Dagegen sah ich wiederholt bei Florideen, die ich in Kultur genommen hatte (namentlich bei Arten von *Polysiphonia*), die schmal-bandförmigen Chromatophoren älterer, grösserer Zellen in zahlreiche kleine, gereihte, rundliche Scheibchen zerfallen, wodurch die Zellen ein ganz abweichendes äusseres Ansehen erhielten. In diesem Falle war die Vieltheilung offenbar Folge der Aenderung der äusseren Umstände und abweichend von dem normalen Verlaufe der Entwicklung eingetreten.

Ein häufiges Vorkommen aber besitzt die Vieltheilung der Chromatophoren bei der Bildung zahlreicher Fortpflanzungszellen (z. B. Zoosporen) aus einer einzelnen Mutterzelle, welche ein oder mehrere grössere Chromatophoren enthält. Von regelmässiger, rasch wiederholter Zweitheilung der Chromatophoren ohne Vergrösserung der jedesmaligen Theilstücke (z. B. *Ulothrix zonata*) führen hier alle Uebergangsformen hin zur simultanen Zertheilung des Chromatophors in eine Mehrzahl von Theilstücken (z. B. bei *Urospora mirabilis*, Arten von *Ulva*), ebenso wie ja auch bei diesem Vorgange der Vielzellbildung alle Uebergänge von wiederholter Zweitheilung der ganzen Zelle bis zur simultanen Vieltheilung derselben bei den verschiedenen Algengeschlechtern zu beobachten sind.

Bei der Theilung derjenigen Chromatophoren, welche nur ein einzelnes Pyrenoid resp. einen einzelnen Amylumheerd enthalten, greifen die Theilung des letzteren und des ganzen Chromatophors, wie erwähnt, vielfach sehr enge in einander. Ja die Theilung der Pyrenoide und Amylumheerde erfolgt in diesen Fällen nur als Einleitung der Theilung der Chromatophoren. Das legt den Gedanken nahe, dass hier der erstere Vorgang nicht nur der zeitliche Vorläufer, sondern auch die Ursache und Veranlassung des

letzteren sei [1]), (ebenso wie man aus dem ganz analogen Zusammentreffen der Theilung von Zellkern und Zellprotoplasma den Gedanken abgeleitet hat und vielfach noch heute ableitet, dass der Zellkern die Theilung der Zelle nicht nur zeitlich einleite, sondern gradezu veranlasse und herbeiführe, dass der Zellkern speciell das Organ der Zellvermehrung sei [2])). Dieser Auffassung widersprechen jedoch vollständig die Chromatophoren mit mehreren Pyrenoiden resp. Amylumheerden, bei denen die Theilung des ganzen Chromatophors ganz unabhängig von der Theilung der Pyrenoide und Amylumheerde sich vollzieht. Dass aber in diesen letzteren Fällen die Bedeutung der zahlreicheren Pyrenoide und Amylumheerde keine andere sein kann als in den Chromatophoren mit einzelnen derartigen Organen, das zeigen aufs deutlichste solche Algenformen, bei welchen die kleineren Individuen in den einzelnen Zellen einzelne Chromatophoren der letzteren Art enthalten, die kräftiger entwickelten Individuen dagegen Chromatophoren mit zwei oder mehreren Pyrenoiden oder Amylumheerden besitzen (z. B. *Ulothrix zonata*).

---

1) In ähnlicher Weise hat Cohn (Beiträge zur Biologie der Pflanzen II. p. 111) (in der Voraussetzung, dass diese Amylumheerde dem grün gefärbten Zellprotoplasma direkt eingelagert seien, ein Zellkern ausserdem in der Zelle aber nicht vorhanden sei) diese einzelnen Amylumheerde in den Zellen von *Gonium*, *Chlamydomonas* u. a. als ein „bei der Zellvermehrung betheiligtes Element“ angesprochen.

2) Dieser sehr vielfach verbreiteten Anschauung gegenüber habe ich selbst (Beobachtungen über die vielkernigen Zellen der Siphonocladiaceen p. 32.) zuerst in den vielkernigen Zellen von *Cladophora* u. V. Fälle beschrieben, in denen die Theilung des Zellprotoplasmas ganz unabhängig von der Theilung der Zellkerne sich vollzieht. Ausführlicher habe ich dann in meiner Mittheilung über die Struktur des Protoplasmas und der Zellkerne (Sitzb. d. niederrh. Ges. f. Nat.- u. Heilk. zu Bonn. 13. Juli 1880. p. 34 Anm. des Sep.-Abdr.) jene angebliche Bedeutung des Zellkerns als specielles Organ der Zelltheilung als unmöglich nachgewiesen, und gleichzeitig ist Strasburger (Zellbildung und Zelltheilung. III. Aufl.) aus denselben Gründen der genannten Auffassungsweise entgegengetreten. Doch ist diese Anschauungsweise, dass der Zellkern das specielle Organ der Zellvermehrung sei, auch heute noch vielfach verbreitet.

Wenn somit also die Pyrenoide, mögen sie nackt oder von Stärkehüllen umgeben sein, nicht als die eigentliche wirkende Ursache der Theilung derjenigen Chromatophoren, welche Pyrenoide enthalten, betrachtet werden können, so lässt sich andererseits die Frage aufwerfen, ob nicht die Theilung dieser Pyrenoide umgekehrt durch die Einwirkung der Chromatophoren bewirkt werde. Diese Frage hängt enge zusammen mit der bereits oben (p. 65) berührten Frage, ob die Pyrenoide aus lebendiger Substanz bestehen oder nicht, da ja im letzteren Falle nothwendiger Weise die Theilung der Pyrenoide nur eine passive, durch die umgebende Substanz herbeigeführte sein könnte. Allein ebenso wie oben die genannte Frage auf Grund der bisher bekannten Thatsachen noch nicht mit Sicherheit entschieden werden konnte, so ist es auch hier mit der vorliegenden Frage. Die bisher bekannten Thatsachen lassen sich ebensowohl mit der Annahme vereinigen, dass der Anstoss zur Theilung der Pyrenoide von ihnen selber ausgehe, wie mit der anderen Annahme, dass eine Einwirkung der umgebenden Substanz der Chromatophoren die lebendige Substanz der Pyrenoide zur aktiven Theilung anrege, als auch endlich mit der Annahme, dass die Substanz der letzteren leblos sei und einfach durch die umgebende Substanz der Chromatophoren passiv getheilt werde. —

Dagegen fragt sich nun, ob die Theilung der Chromatophoren selbständig, allein durch die Thätigkeit der eigenen lebendigen Substanz, ausgeführt werde oder durch die Einwirkung des umgebenden Protoplasmas der ganzen Zelle [1]). Für die eine Annahme sowohl, als auch für die

---

1) Diese Frage würde aufs einfachste zu entscheiden sein, wenn Reinke's Angabe (Lehrbuch der allgemeinen Botanik, p. 62), dass Chlorophyllkörper auch ausserhalb ihrer Mutterzelle „fortvegetiren und sich durch Theilung vermehren" können, sich bestätigen sollte. Allein diese Angabe von Reinke steht bisher ganz vereinzelt da, und ebenso habe auch ich selbst bisher niemals etwas ähnliches zu beobachten vermocht. So weit meine Beobachtungen reichen, sterben vielmehr die Chromatophoren stets ab, sobald sie nicht mehr von lebendigem Protoplasma umgeben sind, und werden überhaupt durch direkte Berührung mit Wasser stets getödtet.

andere lassen sich mancherlei Gründe anführen. Während die Thatsache, dass bei *Chlamydomonas* und ähnlichen Algen die Theilung des Chromatophors nur bei der Theilung der ganzen Zelle stattfindet, sehr für die Deutung spricht, dass die Theilung des Chromatophors durch die Thätigkeit des gesammten Zellprotoplasmas herbeigeführt und bewirkt werde, dürfte andererseits die wiederholte Theilung der Chromatophoren ohne sichtbare Betheiligung des Protoplasmas in den grossen Zellen der Characeen und Siphoneen u. a. mehr für die Annahme einer selbständigen, aktiven Vermehrung der Chromatophoren sich verwerthen lassen. Allein die beiden angeführten „Gründe" haben beide, wie leicht einzusehen, keine zwingende Beweiskraft. Und dasselbe gilt auch von allen anderen „Gründen", die aus den zur Zeit vorliegenden Thatsachen abgeleitet werden können: dieselben mögen dem einzelnen Autor diese oder jene Annahme als die plausibelere erscheinen lassen, einen zwingenden Beweis vermögen sie nicht zu liefern. Unter diesen Umständen dürfte es wohl das zweckmässigste sein, vorläufig bei den zugänglichen Thatsachen stehen zu bleiben und die Vermehrung der Chromatophoren durch Theilung einfach als einen einzelnen Ausdruck der Lebensthätigkeit, die in allen Theilen des lebendigen Zellkörpers gleichmässig wirksam ist, zu betrachten, ohne Rücksicht darauf, ob die nächste wirkende Ursache dieses Vorganges innerhalb der Chromatophoren selbst oder innerhalb des umgebenden Protoplasmas zu suchen sei. Mir selbst will ohnedies als die plausibelste Annahme diejenige erscheinen, dass die gesammte Masse der lebendigen Substanz der Zelle (Protoplasma + Zellkern + Chromatophoren) ein lebendiges Ganzes bilde, dessen einzelne Theile als Organe des Ganzen funktioniren, nicht aber als differente und unabhängige Körper, die selbständig auf einander einwirken.

XI.

Ausser dieser Vermehrung durch Theilung, die im vorstehenden Abschnitte geschildert worden ist, findet

eine Vermehrung der Chromatophoren in den Zellen der Algen nirgends und in keiner Weise statt.

Dieser Satz stellt sich in direkten Widerspruch mit den bisherigen Angaben der Lehrbücher über die Vermehrung der Chlorophyllkörper, wonach dieselben vielmehr in zahlreichen Fällen aus dem Protoplasma der betreffenden Zellen heraus neugebildet werden. Allein ausgedehnte vergleichende Untersuchungen haben mir gezeigt, dass alle diese Angaben, wenigstens für die Algen, auf Irrthümern beruhen. Bei den Algen vollzieht sich die Vermehrung der Chromatophoren ausschliesslich durch Theilung, niemals durch Neubildung. — Es wird dies im Einzelnen nun noch näher nachzuweisen sein.

In den rein vegetativen Zellen der gefärbten Thallusabschnitte beweist schon die oberflächlichste Beobachtung, dass hier alle Chromatophoren durch Theilung vorhandener entstehen. Für die Annahme einer Entstehung derselben durch Neubildung liegt nicht der geringste Anlass vor. Das gilt z. B. ausnahmslos für die sämmtlichen gefärbten vegetativen Fadenzellen von *Spirogyra*, *Mesocarpus*, *Microspora*, *Conferva*, *Chaetomorpha*, *Urospora*, *Ulothrix*, *Schizogonium*, *Hyalotheca* u. s. w., von *Bangia*, *Erythrotrichia* u. s. w., ferner von *Cladophora*, *Ectocarpus*, *Callithamnion* u. s. w.; ferner für die sämmtlichen gefärbten vegetativen Thalluszellen von *Coleochaete*, *Ulva*, *Monostroma*, *Anadyomene*, *Dictyota*, *Cuttleria*, *Nitophyllum*, *Delesseria* u. s. w.; nicht minder aber auch für die gefärbten vegetativen Zellen von Algen mit dickerem, vielzelligem Thallus, wie *Fucus*, *Chorda*, *Laminaria*, *Polysiphonia*, *Laurencia* u. s. w., u. s. w.

Schwieriger dagegen ist die Entscheidung der Frage für die vegetativen Zellen farbloser Thallusabschnitte, wie solche an vielzelligen Algenkörpern vielfach vorhanden sind. Hier sind die verschiedenartigen Thallustheile, die zuweilen farblos sind, wohl zu unterscheiden. Zunächst erscheint vielfach das innere Gewebe dickerer Algenkörper fast farblos oder vollständig hyalin, wie bei vielen Florideen und Phaeophyceen. Bei genauerer Untersuchung aber lässt sich hier fast überall ohne besondere Schwierigkeit feststellen, dass die Zellen dieser hyalinen Thallusabschnitte Chromato-

phoren enthalten, die zuweilen allerdings schwach gefärbt oder fast farblos sind, in der Mehrzahl der Fälle jedoch nur deshalb der unmittelbaren Beobachtung sich entziehen, weil sie von sehr geringer Grösse und in ziemlich geringer Anzahl innerhalb der meist ziemlich weiten Thalluszellen vorhanden sind (z. B. im Inneren des Stammes von *Haligenia bulbosa, Bifurcaria tuberculata* u. s. w.). Im Uebrigen jedoch verhalten sich diese Chromatophoren der farblosen Thallusabschnitte ganz ebenso wie die Chromatophoren in den Zellen der gefärbten Thallustheile und vermehren sich wie diese durch Theilung. Wenn in den Zellen dieser farblosen Thallusabschnitte erneutes Wachsthum beginnt, neue Zellfäden (die bei dickeren Algenkörpern so sehr verbreiteten secundären Zellfäden des Thallusinneren) aussprossen oder im Inneren des Thallus neue Sprossungen und Verzweigungen angelegt werden, dann vermehren sich auch die Chromatophoren dieser farblosen Thallusabschnitte aufs Neue durch reichlichere Theilung, bilden reichlicher Farbstoff aus und gewähren so den Zellen der neugebildeten Zellmassen bald wieder das Aussehen der übrigen gefärbten Thallusabschnitte. — Nur in den ältesten farblosen Abschnitten des Thallus, deren Zellen keiner Neubildung mehr fähig sind, sucht man wohl nach geformten Chromatophoren vergebens, da hier dieselben zu Grunde gegangen sind: aber in solchen Thallusabschnitten entstehen auch niemals neue Chromatophoren, ebensowenig wie neue Zellen.

Dasselbe gilt von den hyalinen Haaren, die den Thallus zahlreicher Algengeschlechter in mehr oder minder reichlicher Ausbildung bedecken. Bei manchen dieser Haare sind trotz der Farblosigkeit, welche denselben beim ersten Anblick eigen zu sein scheint, gefärbte Chromatophoren im Inneren der stark vergrösserten Zellen vorhanden, wenn auch zuweilen ihre Färbung eine weniger intensive sein mag als in den übrigen Thalluszellen (so z. B. in den langen Haaren der Zweigspitzen von *Chaetophora* und *Draparnaldia*, *Ectocarpus, Elachistea* u. s. w.). In anderen Fällen werden die Chromatophoren im Inneren der Haarzellen während des Heranwachsens derselben immer farbloser und undeut-

licher und sind schliesslich gar nicht mehr nachzuweisen (z. B. in den Haaren der Conceptakeln von *Fucus vesiculosus* u. a.). In anderen Fällen endlich, namentlich bei den so allgemein verbreiteten einzelligen Haaren der Florideen, sind Chromatophoren nur in den allerjüngsten Stadien der Zellen deutlich zu erkennen oder auch hier nicht einmal mit Sicherheit nachzuweisen, während die ausgebildeten Haare der geformten Chromatophoren durchaus entbehren (*Batrachospermum*, *Nemalion*, *Helminthocladia*, *Helminthora*, *Callithamion* u. s. w.). Eine Neubildung von Chromatophoren aber findet in allen diesen Haarzellen niemals statt.

Dieselben Verschiedenheiten wie die Haare bieten auch die hyalinen Haarwurzeln der Algen dar. In manchen dieser Haarwurzeln oder Rhizoiden schwinden die Chromatophoren zuletzt gänzlich. Bei der Mehrzahl derselben dagegen bleiben die Chromatophoren in den einzelnen Zellen erhalten. Es nimmt zwar auch hier vielfach während des Auswachsens des Rhizoids die Intensität der Färbung ab, die Chromatophoren werden dünner und schmaler und zuweilen sehr unansehnlich und dünn, allein sie bleiben doch erhalten und sind bei sorgfältiger Untersuchung auch noch deutlich als gesonderte Körper nachzuweisen (namentlich häufig bei Florideen). Vor allem aber behalten sie die Fähigkeit, von Neuem sich zu vergrössern, Farbstoff auszubilden und sich durch Theilung zu vermehren, wenn die Zelle selbst zur Bildung einer Wurzelsprossung, wie sie ja bei so sehr vielen grösseren Algen (Siphonocladaceen, Phaeophyceen und Florideen) so sehr häufig auftreten, von Neuem auswächst. Aus solchen Rhizoiden dagegen, in welchen Chromatophoren nicht mehr nachzuweisen sind, habe ich auch niemals Wurzelsprossungen hervorgehen sehen. —

Grössere Schwierigkeiten aber bereitet der Untersuchung vielfach das Meristem. Sind die Zellen des Meristemes gefärbt, so hat der Nachweis, dass alle Chromatophoren nur durch Theilung der vorhandenen entstehen, keine Schwierigkeiten (*Batrachospermum*, *Callithamnion*, *Griffithsia*, *Monospora*, — *Sphacelaria*, *Halopteris*, *Dictyota*,

Castagnea, — *Cladophora*, *Draparnaldia* u. s. w., u. s. w.). Allein bei hyalinem Meristeme wird die Entscheidung der Frage, in welcher Weise die Chromatophoren der Gewebezellen, die aus dem Meristeme hervorgehen, entstehen, öfters sehr schwierig, und leicht mag eine unvollständige Untersuchung zu der jetzt herrschenden Auffassung hinführen, dass diese Chromatophoren vollständig neu gebildet würden. Allein eine genauere Untersuchung mit stärkeren Vergrösserungen führt zu anderem Resultate. In manchen Fällen gelingt es dann bald, auch in den jüngsten Meristemzellen geformte, wohl abgegrenzte Chromatophoren nachzuweisen, die zwar ziemlich klein und sehr schwach gefärbt sind, im Uebrigen jedoch wie die intensiv gefärbten Chromatophoren der älteren Thallustheile sich vergrössern und durch Theilung vermehren (*Ceramium*, *Helminthora* u. s. w.). In anderen Fällen aber wird das Auffinden der fast farblosen oder gänzlich farblosen Chromatophoren innerhalb der Meristemzellen schwieriger und erfordert die Anwendung der stärksten Vergrösserungen und die äusserste Sorgfalt bei der Benutzung der Mikrometerschraube des Mikroskopes.

Die grösste Schwierigkeit aber haben mir in dieser Beziehung die Characeen bereitet, deren Meristemzellen vollkommen hyalin erscheinen. Hier habe ich lange Zeit hindurch vergebens nach wohl abgegrenzten und deutlich erkennbaren Chromatophoren innerhalb der Scheitelzelle gesucht, wenn ich auch manchmal (bei verschiedenen Arten von *Chara*, *Nitella* und *Tolypella*) derartige Chromatophoren wahrzunehmen glaubte. Allein schliesslich ist es mir doch gelungen, zuerst bei *Chara foetida*, im Inneren der Scheitelzelle selbst wohl abgegrenzte, sehr kleine, scheibenförmige Chromatophoren, die in dem betreffenden Falle äusserst schwach gefärbt waren, in lockerer wandständiger Schicht im Protoplasma mit Sicherheit zu unterscheiden und mich dadurch zu überzeugen, dass auch bei den Characeen in den Meristemzellen geformte Chromatophoren, wenn auch oft äusserst schwierig erkennbar, vorhanden sind.

Diese Thatsache aber, dass die Meristemzellen sämmtlicher Algen geformte Chromatophoren enthalten, auch wenn diese Zellen vollständig farblos sind, ergiebt für die

Entstehung der gefärbten Chromatophoren der älteren Thallusabschnitte eine sehr einfache Erklärung. Diese letzteren gehen einfach durch wiederholte Theilung unter Ausbildung einer immer intensiveren Färbung aus den ersteren hervor. Für die Annahme einer Entstehung derselben durch Neubildung liegt durchaus keine Veranlassung vor. —

Diese Regel, dass die Chromatophoren in den Zellen neugebildeter Zellmassen überall aus geformten Chromatophoren hervorgehen, die, wenn auch in unscheinbarer Gestalt und zuweilen vollständig farblos, in den hyalinen Meristemzellen selbst bereits vorhanden waren, gilt nun nicht allein für das Scheitelmeristem wachsender Thalluszweige, sondern sie hat ebensowohl Geltung für Neubildungsheerde, die an älteren Theilen eines Algenthallus auftreten. Beispielsweise erscheinen die Zellen der jungen Nemathecien am Thallus von *Polyides rotundus* bei der Entstehung derselben durchaus hyalin; allein bei genauerer Untersuchung zeigt sich deutlich, dass diese Zellen sämmtlich unscheinbare, dünne, völlig hyaline Chromatophoren enthalten, die bei der Kultur der betreffenden Pflanzen im Zimmer sich sehr bald mehr oder weniger intensiv färben und dadurch leichter erkennbar werden. — Ueberhaupt, wo immer aus einem hyalinen Meristem gefärbte Gewebemassen hervorgehen, da entstehen die gefärbten Chromatophoren der letzteren aus farblosen Chromatophoren der Meristemzellen, mag dieses Meristem am Algenthallus wo immer seine Stelle haben. Zum wenigsten haben mir alle meine bisherigen Untersuchungen diesen Satz bestätigt. —

Als eine Ergänzung der vorstehenden Angaben über das Vorhandensein von Chromatophoren innerhalb der Zellen eines vielzelligen Meristems erweist sich schliesslich das Verhalten der Schlauchzellen der Siphoneen, Dasycladaceen und Siphonocladaceen. Bei allen Arten dieser Gruppen, die ich genauer untersuchen konnte (*Caulerpa*, *Bryopsis*, *Derbesia*, *Codium*, *Udotea*, *Halimeda*, *Vaucheria*, *Botrydium* — *Dasycladus* — *Valonia*, *Siphonocladus*), zeigte sich deutlich, dass eine Neubildung von

Chromatophoren in den fortwachsenden Spitzen der Schlauchzellen nirgends stattfindet, dass vielmehr überall in diesen Spitzen selbst Chromatophoren vorhanden sind, die durch fortgesetzte Theilung und Vermehrung die gesammte Masse der Chromatophoren des Thallus erzeugen[1]). Auch in den mehr oder weniger vollständig hyalinen Wurzelfasern dieser Schlauchalgen lassen sich vielfach vereinzelte, wenn auch öfters mattgefärbte oder ganz hyaline und sehr unscheinbare Chromatophoren nachweisen, die, wie wohl kaum zweifelhaft sein dürfte, bei der Ausbildung neuer Wurzelsprossungen den gefärbten Chromatophoren dieser Verjüngungstriebe den Ursprung geben.

Zu der Annahme einer Neubildung von Chromatophoren innerhalb der vegetativen Thallusabschnitte der Algen liegt somit nirgends ein Anhalt vor.

Eine eingehendere Besprechung erfordern nun aber die Fortpflanzungs- und Dauerzellen der Algen, namentlich da über diese in der Litteratur mancherlei Angaben vorliegen, mit denen die Resultate meiner eigenen Beobachtungen nicht in Uebereinstimmung sind. Zunächst seien hier diejenigen Dauerzellen, welche nicht sexuellen Ursprungs sind, etwas näher erörtert.

Die Bildung von Dauerzellen und Dauergeweben ist bei den Algen sehr verbreitet und erfolgt in der verschiedensten Weise bei den verschiedenen Gruppen und Arten derselben. Neben einzelligen Dauersporen oder Brutzellen, die einzeln oder in grösserer Menge an bestimmten Thallusabschnitten gebildet werden (z. B. *Tetraspora*, *Eudorina*, *Draparnaldia*, *Stigeoclonium*), finden sich mehrzellige Brutknospen mannigfaltiger Bildung (besonders charakteristisch z. B. bei *Sphacelaria tribuloides* und nach Solms[2]) bei

1) Vgl. meine früheren Angaben in meiner Abhandlung: Beobachtungen über die vielkernigen Zellen der Siphonocladiaceen (1879) p. 5 Anm.

2) Solms-Laubach, Die Corallinen-Algen des Golfes von Neapel p. 59.

Melobesia callithamnioides), und daneben können vielfach einzelne Thalluszellen oder grössere Abschnitte (z. B. bei *Zygnema*, *Cladophora* u. s. w.) und selbst ganz grosse Stücke des Algenkörpers in Dauer- oder Ruhezustand übergehen. Solche Dauergebilde werden dann ihrer verschiedenen Bestimmung entsprechend auch verschieden ausgestattet.

Alle diese Dauergebilde, so verschieden sie im Einzelnen gestaltet sein mögen, zeigen nun als gemeinsames Merkmal, dass bei ihrer Ausbildung die Chromatophoren sich beträchtlich vergrössern resp. vermehren, so dass sie einen verhältnissmässig grösseren Raum der Zelle einnehmen als zuvor und dadurch der ganzen Zelle eine weit dunklere Färbung als bisher verleihen. Bei wandständiger Anordnung der Chromatophoren rücken dieselben dabei vielfach zu einer dicht geschlossenen Schicht zusammen (z. B. bei den palmellenartigen Zellen von *Stigeoclonium*), deren Zusammensetzung im Einzelnen dadurch äusserst schwierig erkennbar wird, und erwecken leicht den Anschein, als ob die ganze Zelle mit gleichmässig gefärbtem Protoplasma erfüllt sei.

Während der Ausbildung der Dauerzellen werden ferner im Inneren derselben Nahrungsstoffe und andere Substanzen allgemein in ziemlich reichlicher Menge angehäuft. Im Einzelnen aber zeigen die ausgebildeten Dauerzellen doch mancherlei Verschiedenheiten, je nachdem sie nur für eine längere Zeit der Vegetationsruhe und Unthätigkeit eingerichtet sind (wie bei den meisten Meeresalgen, die eine vollständige Trockenlegung nicht zu fürchten haben), oder für eine Zeit vollständiger Austrocknung ausgerüstet werden (wie bei den meisten Süsswasseralgen und denjenigen Meeresalgen, die nur an der oberen Fluthgrenze ihren Standort haben). Im ersteren Falle ist gewöhnlich die bisherige Anordnung der Inhaltsbestandtheile kaum geändert, ihre Struktur ist nach wie vor sehr leicht zu durchschauen; im letzteren Falle aber wird nicht nur die bisherige Gestaltung des Zellinneren oft recht sehr verändert, sondern es wird auch noch der Einblick in dieses Innere durch die Ausbildung einer dicken, mehrschichtigen, zum Theil verkorkten oder cuticularisirten und gefärbten Membran sehr wesentlich erschwert.

Gleichwohl gilt für alle diese Gestaltungen der Dauerzellen das Gleiche: die Chromatophoren bleiben in allen Fällen als selbständige, geformte Körper erhalten, werden jedoch durch reichliche Anhäufung von Oel- und Fetttropfen und Schleimkugeln[1]) mehr oder weniger vollständig verdeckt und unsichtbar gemacht. Am leichtesten und einfachsten lässt sich dies an den Dauerzellen der meisten Meeresalgen feststellen, mögen dieselben als besondere Brutzellen oder Brutknospen vom Thallus der Mutterpflanzen abgegliedert werden, oder mögen sie als Gewebezellen einer Pflanze angehören, die in Vegetationsruhe eingetreten ist (was sowohl bei den braunen, als auch bei den rothen Meeresalgen ein sehr verbreitetes Vorkommen ist und auch bei grünen Meeresalgen (z. B. *Anadyomene, Valonia*) sich nicht selten findet). Ja es ist dieses Verhalten bei derartigen Dauerzellen von Meeresalgen fast überall so leicht zu constatiren, dass es nicht nothwendig ist, hier einzelne specielle Beispiele anzuführen.

Ebenso deutlich und klar zeigen auch die Dauerzellen der Süsswasser-Bacillariaceen, dass die Chromatophoren vollständig erhalten bleiben. Beim Uebergang in den Dauerzustand häufen sich in der Zelle sehr reichlich fettartig glänzende Substanzen in einzelnen Tropfen oder in zusammengeballten Massen an, zuweilen so reichlich, dass fast das ganze Zellenlumen davon ausgefüllt wird; die Chromatophoren und der Zellkern aber bleiben in ihrer

---

1) Ueber die chemische Natur dieser mehr oder weniger glänzenden Tropfen und Kugeln lässt sich zur Zeit nur wenig bestimmtes aussagen. Man bezeichnet dieselben gewöhnlich ihres fettartig glänzenden Aussehens halber als Oel- oder Fetttropfen. Allein nur ein Theil derselben ist in den Lösungsmitteln von Oel und Fett wirklich löslich, andere derartige Tropfen werden selbst durch lange fortgesetzte Behandlung der Dauerzellen mit ätherischem Oel nur zum Zusammenlaufen, nicht zur Auflösung gebracht. Ich habe deshalb früherhin für derartige, noch nicht näher bestimmbare Gebilde der Algenzellen den Ausdruck „Schleimkugeln“ angewandt (Sitzb. d. niederrh. Ges. f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn. 2. August 1879), und sei derselbe auch hier in gleichem Sinne benutzt, so lange über die chemische Natur der fraglichen Substanzen nichts genaueres anzugeben ist.

bisherigen Anordnung erhalten und sind jederzeit leicht zu erkennen. Die Zellmembran erfährt dabei entweder gar keine weitere Umänderung, oder es erzeugt die Zelle, bevor sie in den Ruhezustand übergeht, innerhalb der alten zweischaligen Membran noch ein oder mehrere Male neue Schalstücke und umgiebt sich so mit einem zuweilen ziemlich dicken Panzer von ineinander geschachtelten Schalen[1]).

Wesentlich schwieriger dagegen gestaltet sich der Nachweis des obigen Satzes bei den Süsswasseralgen, namentlich den grünen Algen. In manchen Fällen freilich (z. B. *Cladophora*-Arten) lässt auch hier schon eine kürzere Untersuchung der Dauerzellen erkennen, dass die Chromatophôren der Zelle beim Uebergang in den Dauerzustand erhalten geblieben sind. Doch kommt es auch hier (z. B. bei *Cladophora fracta*) nicht gerade selten vor, dass eine reichliche Anhäufung von Stärkekörnern im Inneren dieser Chromatophoren und von fettartigen Tropfen und Schleimkugeln zwischen denselben die genauere Gestaltung dieser Chromatophoren schwer erkennbar macht. Das Gleiche ist auch häufig in älteren Kulturen oder Rasen von *Spirogyra*, *Oedogonium* u. s. w. zu beobachten. Allein dabei handelt es sich doch immer nur um Dauerzellen, die zwar für eine längere Ruhezeit, aber nicht für ein vollständiges Austrocknen vorbereitet sind.

Bei Dauerzellen dagegen, die auch für die letztere Aufgabe ausgerüstet werden, wird einerseits ein besonderer Abschluss gegen aussen hergestellt durch Ausbildung einer besonderen, mehrschichtigen Membran, von deren Schichten stets eine oder die andere cuticularisirt ist, andererseits wird im Inneren eine noch grössere Menge von theils farblosen, theils gefärbten[2]), grösseren und kleineren, fettartig

---

1) Vgl. Pfitzer, Bau und Entwicklung der Bacillariaceen p. 103 ff.

2) Diese gefärbten, fettartig glänzenden Tropfen zeigen sehr verschiedene Farbentöne zwischen hellgelb und zinnoberroth oder rothbraun und geben dadurch vielfach der ganzen Dauerzelle eine intensive Färbung, durch welche in Verbindung mit der Färbung der cuticularisirten Membranschicht die ursprüngliche Farbe der Chromatophoren ganz und gar verdeckt wird. So erscheinen z. B.

glänzenden Tropfen zwischen den Chromatophoren angehäuft, die Stärke jedoch, die zu Anfang im Inneren dieser Chromatophoren in grösserer Menge sich aufgespeichert hatte, zum grösseren Theile oder vollständig aufgebraucht. Dabei entstehen diese fettartig glänzenden Tropfen sämmtlich im Inneren des Protoplasmas (sei es im Inneren des Wandprotoplasmas, sei es innerhalb von Protoplasmasträngen), nicht im Zellsaft und ebensowenig im Inneren der Chromatophoren, und dehnen durch ihre eigene Massenzunahme die Protoplasma-Abschnitte nach und nach so sehr aus, dass diese seitlich einander berühren und zusammenschliessen, und dadurch vielfach das gesammte Zellenlumen verschwindet. Währenddess nehmen gewöhnlich die Chromatophoren selbst an Intensität der Färbung ab [1]), ziehen sich vielfach auf eine etwas geringere Ausdehnung zusammen und verdichten ihre Masse; allein sie bleiben nicht nur selbst nach wie vor als selbständige geformte Körper innerhalb der „grobkörnigen Inhaltsmasse" der Zelle erhalten, sondern es bleiben auch nach wie vor in ihrem Inneren die Pyrenoide deutlich erkennbar.

Die reife Dauerzelle ist somit gewöhnlich ganz ausgefüllt von Protoplasma, dem fettartig glänzende Tropfen

---

die reifen Dauerzellen von *Gongrosira Sclerococcus* und vielen anderen grünen Algen ziegelroth gefärbt, die Dauerzellen von *Zygnema* rothbraun u. s. w. — Die ziegelrothen Tropfen dieser Art hat Cohn (Archiv f. mikr. Anatomie III. [1867] p. 44), wie schon oben (p. 7) erwähnt ward, als Hämatochrom bezeichnet.

1) Der Grad dieser Entfärbung der Chromatophoren in den heranreifenden Dauerzellen ist nur sehr schwierig genauer festzustellen. Nur in solchen Fällen nämlich ist derselbe sicher zu ermitteln, wo es gelingt, die Dauerzellen selbst zu zersprengen und durch Ausdrücken des Inhaltes die Chromatophoren freizulegen. Dies aber hat nicht selten ziemlich grosse praktische Schwierigkeiten. In der unverletzten Dauerzelle macht die Färbung der Membran und der zahlreichen gefärbten Tropfen des Inhaltes die genauere Feststellung des Farbentones der Chromatophoren äusserst schwierig. Gleichwohl glaube ich behaupten zu dürfen, dass in der Mehrzahl der Fälle in den heranreifenden Dauerzellen (ob stets ?) die Intensität der Färbung der Chromatophoren abnimmt, wenn auch der Grad dieser Abnahme ein sehr verschiedener sein mag.

in grosser Anzahl eingelagert sind; doch sind zwischen diesen Tropfen die Chromatophoren und ebenso der Zellkern in ihrer früheren Gruppirung, wenn auch zuweilen ein wenig geschrumpft und mehr oder weniger entfärbt, noch wohl erhalten; zuweilen sind auch noch vereinzelte Stärkekörner den Chromatophoren eingelagert. Diese gesammte grobkörnige und dadurch sehr wenig durchsichtige Masse aber ist umschlossen von einer mehrschichtigen, meist gefärbten und vielfach noch auf der Aussenseite zierlich gezeichneten Membran, die noch mehr dazu beiträgt, die Undurchsichtigkeit der ganzen Dauerzelle zu erhöhen. Eine sorgfältige vergleichende Untersuchung der frischen Dauerzellen und solcher, die durch Reagentien behandelt sind (ich fand am zweckmässigsten eine Untersuchung von Alkohol- oder Pikrinsäure-Material in ätherischem Oel oder von Pikrin-Material in Chloralhydrat), lässt jedoch deutlich den beschriebenen Bau erkennen, namentlich wenn es gelingt, die gesammte Entwicklung der betreffenden Dauerzellen zu verfolgen, wie mir dies z. B. bei den Dauerzellen von *Zygnema*, *Eudorina elegans*, *Tetraspora lubrica*, *Draparnaldia glomerata* möglich war. Namentlich die Dauerzellen der genannten *Zygnema* lassen bei der charakteristischen Gestalt ihrer Chromatophoren auch im ganz reifen Zustande die beschriebene Struktur ziemlich leicht erkennen [1]).

---

1) Diese Veränderungen in der Gestaltung des Zellinhaltes bei der Ausbildung der Dauerzellen stellen nur die Extreme der Vorgänge dar, die in allen wachsenden Algenzellen auftreten, wenn das Wachsthum durch äussere Umstände (sei es am natürlichen Standorte selbst, sei es in der Kultur) verlangsamt wird. In diesem Falle pflegt ganz allgemein das Wachsthum der Chromatophoren noch eine Zeit lang fortzudauern, bis dieselben einen grossen Theil der Zelle ausfüllen und diese dadurch dunkel gefärbt erscheint. Gleichzeitig pflegt sich bei den meisten grünen Algen im Inneren dieser Chromatophoren Stärke anzuhäufen, und zwar bei den Formen mit Amylumheerden zunächst in den Stärkehüllen derselben, dann auch in den übrigen Theilen der Chromatophoren. Daneben aber treten im Protoplasma selbst kleinere und grössere fettglänzende Tropfen auf, die in grosser Menge zunächst dem Rande der Chromatophoren

Von diesen ungeschlechtlichen Dauergebilden der Algen werden nun bekanntlich die ein- oder wenigzelligen Formen, die an bestimmten Stellen des Thallus in charakteristischer Weise und nach regelmässig wiederkehrendem Modus abgegliedert werden (z. B. bei *Vaucheria geminata*, *Monospora*), als ungeschlechtliche Sporen bezeichnet, die übrigen als Gemmen oder Brutknospen unterschieden, ohne dass jedoch eine bestimmte, scharfe Abgrenzung zwischen beiderlei Bildungen möglich wäre.

Den ersteren reihen sich dann zunächst die Carposporen der Florideen an, die in ganz analoger Weise wie jene an dem vielzelligen Fruchtkörper dieser Algen abgegliedert werden; und weiterhin schliesst sich hier noch

---

sich bilden (soweit meine Beobachtungen reichen, entstehen dieselben sämmtlich hier in unmittelbarer Nachbarschaft der Chromatophoren und werden erst durch die Bewegungen des Protoplasmas nach anderen Theilen der Zelle hingeführt) und immer mehr an Zahl und Grösse zunehmen, je längere Zeit die Alge durch die Ungunst der äusseren Umstände an lebhaftem Wachsthum gehindert wird. Es lassen sich diese Vorgänge mit grösster Leichtigkeit fast bei allen grünen Algen beobachten, die man von ihrem natürlichen Standorte in Kultur nimmt, seien es Süsswasseralgen oder Meeresalgen. Diese Vorgänge aber leiten dann unmittelbar hinüber zu den Vorgängen bei der Ausbildung typischer Dauerzellen.

Desgleichen schliesst sich das Auftreten farbiger Schleimkugeln im Protoplasma der Dauerzellen unmittelbar an die Vorgänge in den vegetativen Zellen von *Chroolepus* (und *Mycoidea* nach Cunningham's Angaben [Transact. Linn. Soc. II ser. vol. I. p. 301—316]) an. Hier häufen sich bei Individuen, die an trockneren Standorten wachsen, zahlreiche rothe Schleimkugeln in den Zellen an und verdecken die kleinen scheibenförmigen Chromatophoren fast vollständig, während bei der Kultur der Pflanze an feuchteren Standorten die Masse der Schleimkugeln mehr und mehr abnimmt.

Durch alles dieses aber dürfte sich wohl deutlich erkennen lassen, dass die fettartig glänzenden Tropfen und Schleimkugeln, die im Inneren der Dauerzellen aufgespeichert werden, eine ziemlich verschiedene biologische Funktion im Leben der Zelle zu versehen haben und nur theilweise als aufgespeicherte Nahrungsstoffe anzusehen sind, theilweise vielmehr den schädlichen Einwirkungen ungünstiger äusserer Umstände entgegen zu wirken haben. Doch möchte sich über diese Funktionen im Einzelnen zur Zeit kaum etwas anderes als blosse Vermuthungen aufstellen lassen.

die grosse Menge der cilienlosen ungeschlechtlichen Sporen an, die in Mehrzahl im Inneren einer Mutterzelle ausgebildet werden, wie z. B. die Tetrasporen der Florideen und Dictyotaceen, die kleinen Sporen von *Phyllosiphon Arisari* u. a. m. Auch in diesen Fortpflanzungszellen ist gewöhnlich eine mehr oder minder grosse Menge fettartig glänzender Tropfen angehäuft und die Gestalt der Chromataphoren ebenso wie der Zellkern dadurch verdeckt und unsichtbar gemacht. Allein auch hier sind die Chromatophoren stets als solche erhalten, ja sogar vielfach ziemlich kräftig ausgebildet und intensiv gefärbt.

Die Mehrzahl der braunen und grünen Algen aber besitzt bewegliche ungeschlechtliche Fortpflanzungszellen, die sog. Zoosporen. Von diesen Zoosporen aber gilt allgegemein ebendasselbe wie von den unbeweglichen Fortpflanzungszellen: sie enthalten sämmtlich wohlabgegrenzte und selbständig geformte Chromatophoren. Allerdings sind in diesen Zoosporen die Chromatophoren vielfach nur schwierig als selbständig abgegrenzte Körper zu unterscheiden. Die ganze Plasmamasse der Zoosporen ist dicht zusammengedrängt und auf möglichst kleinen Raum beschränkt, um einen möglichst geringen Aufwand von Material für die Bewegungsorgane erforderlich zu machen. Dadurch sind auch die Chromatophoren sehr enge zusammengerückt und in ihrer ursprünglichen Gestaltung vielfach nicht unbeträchtlich verändert. Allein die Beobachtung der Entwicklungsgeschichte hilft hier aus und gestattet, den Vorgang des Zusammenrückens und Zusammendrängens der Chromatophoren in seinen Einzelheiten direkt zu verfolgen und dabei festzustellen, dass bei der Bildung der Zoosporen eine Auflösung der bisherigen Chromatophoren nirgends stattfindet, vielmehr überall die bisherigen Chromatophoren oder Theilstücke derselben in die Bildung der Zoosporen eingehen. Zugleich auch lässt diese Beobachtung der Entwicklungsgeschichte erkennen, dass in den Chromatophoren die Pyrenoide, wo dieselben vorhanden sind, auch in den Zoosporen, wenn auch zuweilen nur schwierig erkennbar, erhalten bleiben, während dagegen die Stärke, die vorher in den Chromatophoren angehäuft war, bei der Bildung

der Zoosporen gewöhnlich aufgelöst wird, und nur zuweilen kleinere Stärkemengen in den Stärkehüllen der Pyrenoide, selten in den übrigen Theilen der Chromatophoren zurückbleiben.

Diese Angaben stützen sich auf eine grössere Anzahl vergleichender Untersuchungen über die Entwicklung der Zoosporen bei grünen und braunen Algen. Ich habe diese Zoosporenbildung bei den meisten Gruppen der Chlorophyceen und Phaeophyceen näher verfolgt und bisher überall das angeführte Resultat bestätigt gefunden trotz der zahlreichen entgegenstehenden Angaben der Litteratur[1]),

---

1) Diese Angaben laufen zumeist darauf hinaus, dass vor der Zertheilung des ganzen Plasmas in zahlreiche nackte Einzelzellen die Chromatophoren der Mutterzelle aufgelöst würden, ihre gefärbte Substanz im ganzen Zellplasma sich vertheile. Für *Bryopsis* hat bereits Strasburger (Zellbildung und Zelltheilung. III. Aufl. p. 65—67) mit Recht diese Angabe in Abrede gestellt. Ich selbst habe einen solchen Vorgang unter allen den zahlreichen Algenformen, die ich untersuchen konnte, nirgends beobachtet und muss deshalb die betreffenden Angaben der Litteratur, auch wo ich (wie bei *Hydrodictyon*) die Zoosporenbildung noch nicht selbst habe verfolgen können, entschieden in Zweifel ziehen.

Weiterhin wird in diesen Angaben der Litteratur vielfach die Behauptung aufgestellt, dass bei der Zoosporenbildung die Amylumheerde der Mutterzelle vollständig schwinden. So behauptet, um von älteren Angaben (z. B. A. Braun, Verjüngung p. 213) abzusehen, noch neuerdings Strasburger (Zellbildung und Zelltheilung III. Aufl. p. 72—74), dass bei der Zoosporenbildung von *Cladophora laetevirens* und *lepidula* (aus dem Mittelmeer) zunächst die „Amylumkerne" schwinden und an ihrer Stelle zahlreiche kleine Stärkekörnchen im grünen Plasma auftreten (Strasburger's Darstellung geht auf das genauere Verhalten der Chromatophoren gar nicht ein). Ich kann demgegenüber nur hervorheben, dass ich bei sämmtlichen untersuchten *Cladophora*-Arten des süssen Wassers und des Meeres (leider gehören die beiden genannten Arten bisher nicht zu dieser Zahl) bei der Zoosporenbildung ein Schwinden der Pyrenoide nicht constatiren konnte. Allerdings sind in den *Cladophora*-Zellen beim Auftreten zahlreicher einzelner Stärkekörnchen die Amylumheerde meist schwieriger aufzufinden als zuvor (und das ist nicht nur vor der Zoosporenbildung, sondern auch in rein vegetativen Zellen der Fall), allein dieselben bleiben doch nach wie vor vollkommen erhalten; namentlich aber findet eine Auflösung der Pyrenoide selbst, so weit meine

sodass ich kein Bedenken trage, dies Resultat zu verallgemeinern und auf alle Zoosporenbildung der Algen auszudehnen. Eine genauere Beschreibung des ganzen Vorganges bei den verschiedenen einzelnen Gruppen der grünen und braunen Algen würde jedoch hier viel zu weit führen, und muss ich mich deshalb hier darauf beschränken, nur einzelne Formen namhaft zu machen, bei denen die angegebenen Resultate ziemlich leicht beobachtet und festgestellt werden können. Dahin aber gehören z. B. von grünen Algen *Ulothrix*, *Urospora*, *Microspora*, *Oedogonium*, *Cladophora*, *Chaetophora*, *Vaucheria sessilis* u. a., von braunen Algen *Ectocarpus*, *Chorda*, *Scytosiphon*, *Laminaria* u. s. w.

Ein ganz analoges Resultat wie die zuletzt besprochenen, theils beweglichen, theils unbeweglichen ungeschlechtlichen Fortpflanzungszellen ergeben nun auch die geschlechtlichen Fortpflanzungszellen der Algen. In den morphologischen Verhältnissen der Entwicklungsweise und der äusseren Gestalt schliessen dieselben, wie bekannt,

---

Untersuchungen reichen, weder in vegetativen Zellen, noch bei der Zoosporenbildung jemals statt, wenn auch dieselben an der lebenden Zelle zuweilen recht undeutlich werden mögen.

In gleicher Weise habe ich auch bei der Zoosporenbildung von *Ulothrix zonata* constatiren können, dass bei Beginn der Zoosporenbildung das scheibenförmige Chromatophor durch wiederholte Zweitheilung in mehrere Abschnitte sich zertheilt, während der einzelne Amylumheerd desselben ebenfalls durch wiederholte Zweitheilung in eine gleiche Anzahl von meist nackten Pyrenoiden zerfällt. Eine Auflösung der Pyrenoide findet hier nirgends statt, wenn auch die Stärkehülle derselben während der Theilung des Chromatophors meist vollständig verbraucht wird.

Aehnliche Resultate ergab mir die Untersuchung der Zoosporenbildung in allen übrigen Fällen, sodass ich auch in dieser Frage mich berechtigt glaube, abweichende Angaben der Litteratur, die nicht auf die Benutzung aller Hülfsmittel der neueren Präparationsmethoden sich stützen (wie z. B. die Angaben von Klebs (Bot. Zeit. 1881) über die Zoosporenbildung von *Chlorochytrium*, *Endosphaera*, *Phyllobium* und *Scotinosphaera*), in Zweifel zu ziehen.

unmittelbar an die ungeschlechtlichen Fortpflanzungszellen an, ja vielfach unterscheiden sie sich von den letzteren hinsichtlich der Gestaltung ganz und gar nicht. Ebendieselbe Uebereinstimmung zeigt sich nun auch in Bezug auf das Verhalten der Chromatophoren im Inneren der Sexualzellen.

Bei denjenigen Algen, deren Sexualzellen beiderlei Geschlechts einander ganz gleichgestaltet sind, sog. Isogameten darstellen, zeigen die Chromatophoren ganz dasselbe Verhalten wie in den analog gestalteten ungeschlechtlichen Fortpflanzungszellen. Die Chromatophoren bleiben in den Sexualzellen überall erhalten, ebenso auch die Pyrenoide derselben, während die Masse der Stärkekörner vielfach verringert oder ganz aufgelöst wird. So zeigen es z. B. sehr deutlich die Sexualzellen der Conjugaten, Desmidiaceen und Bacillariaceen, ferner die geschlechtlichen Zoosporen von *Cladophora*, *Ulothrix* u. a. Nur zuweilen sind in diesen geschlechtlichen Zoosporen (wie z. B. häufig bei *Botrydium granulatum* [1])) die Chromatophoren durch rothe Schleimkugeln verdeckt und unsichtbar gemacht. Sehr häufig aber zieht sich bei der Formung dieser Sexualzellen das Plasma ziemlich dicht zusammen, sodass dadurch die einzelnen Chromatophoren sehr dicht zusammengerückt werden und in ihrer selbstständigen Abgrenzung nicht mehr erkannt werden können (*Achnanthes*, *Cocconema* u. s. w.). Allein die genauere Beobachtung der Entwicklungsgeschichte zeigt auch hier deutlich, dass die Chromatophoren der Mutterzelle nirgends aufgelöst werden, sondern direkt oder nach vorheriger Theilung in die Bildung der Sexualzelle eingehen.

Die Mehrzahl der Algen aber besitzt different ausgestaltete Sexualzellen von im Einzelnen recht mannigfaltiger Bildung. Da zeigen denn zunächst die männlichen Zellen ein recht wechselndes Verhalten. Bisweilen, namentlich da, wo die Differenz der beiderlei Sexualzellen noch

---

1) In dieser Weise glaube ich wenigstens nach Analogie anderer Fälle die Angaben von Rostafinski und Woronin (Bot. Zeitung 1877. p. 661) deuten zu dürfen.

keine sehr bedeutende ist, schliessen sie sich durchaus den Isogameten an und behalten wie diese die Chromatophoren ganz unverändert (z. B. bei *Scytosiphon lomentarium* [1])). Wird dagegen jene Differenz grösser, so zeigen die Chromatophoren der männlichen Zellen eine deutliche Tendenz zum Schwinden, namentlich wird ihre Färbung eine weniger intensive (*Bryopsis*), und nicht selten nehmen sie eine grüngelbliche Farbe an, häufig noch verdeckt durch mehr oder minder grosse Massen von orangefarbenen Schleimkugeln [2]).

In anderen Fällen sind in den ausgebildeten männlichen Sexualzellen die Chromatophoren vollständig unsichtbar geworden. So sah ich z. B. bei *Fucus vesiculosus* in den männlichen Sporangien Anfangs wohl ausgebildete, kleine, scheibenförmige Chromatophoren in grösserer Anzahl vertheilt. Allmählich aber, je mehr in diesen Sporangien die Zahl der Zellkerne durch wiederholte Zweitheilung zunahm, ward die Färbung der Chromatophoren immer schwächer, sie selbst immer schwieriger erkennbar. Doch liess sich gleichwohl feststellen, dass (ganz ebenso, wie dies in den ungeschlechtlichen Sporangien von *Laminaria digitata* u. a. Phaeosporeen zu geschehen pflegt) schliesslich vor der Zertheilung des ganzen Zellplasmas die Chromatophoren und Zellkerne paarweise in der Zelle gruppirt sind. Bei der Zertheilung des ganzen Plasmas aber war im Inneren des einzelnen, fast vollständig farblosen Spermatozoids das einzelne Chromatophor nur in seltenen Fällen noch zu erkennen. Nach dem Auftreten des kleinen, glänzenden, rothbraunen Augenpunktes dagegen, der diesen männlichen Zoosporen (ebenso wie wohl allen übrigen Zoosporen der Phaeosporeen) eigenthümlich ist, vermochte ich das Chromatophor überhaupt

---

1) Vgl. auch Berthold, die geschlechtliche Fortpflanzung der eigentlichen Phaeosporeen (Mittheil. der zoolog. Station zu Neapel II. p. 401 ff.).

2) In solcher Weise sind, wie ich aus den vorliegenden Angaben der Litteratur entnehmen möchte, die männlichen Zoosporen von *Volvox*, *Sphaeroplea*, *Oedogonium* und *Cylindrocapsa* gestaltet.

nicht mehr zu unterscheiden, sei es, dass dasselbe nur durch die Lichtbrechung des glänzenden Augenpunktes verdeckt wird, oder sei es (wie mir wahrscheinlicher dünkt), dass die selbständige Abgrenzung des Chromatophors überhaupt verloren gegangen ist.

In ähnlicher Weise schwinden auch bei anderen braunen Algen während der Ausbildung der männlichen Sexualzellen die Anfangs deutlich erkennbaren Chromatophoren mehr und mehr und sind schliesslich in den Spermatozoiden selbst gar nicht mehr zu unterscheiden. So zeigen auch die jungen männlichen Sporangialzellen von *Dictyota* deutlich ausgebildete Chromatophoren und sind selbst dadurch hell gelblichbraun gefärbt; in den vollständig farblosen Spermatien aber vermochte ich selbständig abgegrenzte Chromatophoren nicht mehr zu erkennen.

Noch weiter geht das Schwinden der Chromatophoren bei der Entwicklung männlicher Sexualzellen in solchen Fällen, in denen diese Sexualzellen selbst von ihrer ersten Anlage an der Chromatophoren vollständig entbehren. Das ist z. B. der Fall bei den Spermatozoiden der Characeen. In den jüngsten 1—4-zelligen Anlagen der Antheridien dieser Algen vermochte ich im Inneren der vollständig hyalinen Zellen deutlich selbständig abgegrenzte, farblose Chromatophoren nachzuweisen (allerdings nur bei sorgfältigster Untersuchung und bei Zuhülfenahme der stärksten Vergrösserungen). Im Inneren der heranwachsenden Antheridien aber zeigten sich mir die hyalinen Zellfäden, aus deren Zellen schliesslich die Spermatozoiden entstehen, vollständig frei von Chromatophoren; in ihren Zellen, die sich noch fortgesetzt durch Theilung vermehrten, vermochte ich nirgends Chromatophoren zu unterscheiden. Ebenso wenig aber war an den Spermatozoiden selbst, die ohnedies ja fast ihrer gesammten Masse nach ausschliesslich aus dem Zellkern der betreffenden Zelle sich gestalten, somit auch kaum Raum bieten für ein Chromatophor, irgend eine Andeutung eines solchen Chromatophors wahrzunehmen.

In ganz ähnlicher Weise ohne jede Betheiligung von Chromatophoren gestalten sich nach meinen bisherigen

Beobachtungen auch die Spermatozoiden von *Vaucheria*. In der Antheridium-Zelle dieser Alge werden die zahlreich vorhandenen Zellkerne (wie sie es ja auch sonst in den Sexualzellen allgemein zu thun pflegen [1])) allmählich weit substanzreicher als zuvor und grenzen sich dann mitsammt einer geringen Menge des umgebenden Protoplasmas zu besonderen Spermatozoidzellen inmitten des chromatophorenhaltigen Plasmas der Mutterzelle ab. In den ausschwärmenden Spermatozoiden sind dementsprechend denn auch Chromatophoren niemals nachzuweisen.

Ebensowenig enthalten die Spermatien der Florideen Chromatophoren. Bei allen Florideen, bei denen ich bisher die Entwicklung dieser Spermatien genauer verfolgen konnte, waren die männlichen Sexualzellen von ihrer ersten Anlage an vollständig farblos. In dem Protoplasma derselben, das bald vakuolenfrei war (z. B. *Batrachospermum*), bald mit einer grossen centralen Vakuole versehen (z. B. *Polysiphonia atrorubescens*), liess sich ausser einigen glänzenden Körnchen nur ein grosser kugeliger Zellkern nachweisen; dagegen war von einem Chromatophor in diesen Zellen niemals irgend etwas zu erkennen. Die männlichen Zellen der Florideen enthalten somit nicht allein im geschlechtsreifen Zustande keine geformten Chromatophoren, sondern es werden auch diese Zellen von Anfang an als chromatophorenfreie Zellen angelegt [2]), während die Trägerzellen derselben in allen Florideen-An-

---

1) Vgl. meine Angaben in den Sitzb. d. niederrh. Ges. f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn. 13. Juli 1880. p. 30 des Sep.-Abdr.

2) Dieses vollständige Fehlen aller gefärbten oder farblosen Chromatophoren im Inneren der Spermatien der Florideen kann nun als ein vortreffliches Mittel benutzt werden, um bei einzelnen Arten die Spermatien von den sonst ganz analog gestalteten Monosporen zu unterscheiden. So z. B. hat man bisher allgemein bei *Batrachospermum moniliforme* die (bisher nur von Sirodot [Comptes rendus de l'acad. d. sciences de Paris. 9 avril 1877] unterschiedenen) Monosporen mit den Spermatien zusammengeworfen, während doch die ersteren durch den Besitz gefärbter Chromatophoren sich sehr leicht von den vollständig hyalinen Spermatien unterscheiden.

theridien, die ich bisher untersucht habe, stets deutliche Chromatophoren besitzen.

Während nun so in den männlichen Sexualzellen ein allmähliches Schwinden der Chromatophoren Hand in Hand geht mit einer reichlicheren spezifischen Differenzirung der Gestalt, bleiben dagegen in den weiblichen Sexualzellen die Chromatophoren stets erhalten, wenn auch, je spezifischer und eigenartiger das weibliche Organ sich ausgestaltet, um so weniger auf die Erhaltung des Farbstoffs (der ohnedies ja zur Zeit der Befruchtung kaum zu funktioniren braucht) besonderes Gewicht gelegt wird.

Die einfachsten Gestalten der weiblichen Sexualzellen schliessen sich unmittelbar an die Formen der Isogameten an und lassen wie diese die gefärbten Chromatophoren stets deutlich erkennen (z. B. *Ectocarpus*, *Scytosiphon* [1])). Daran reihen sich dann andere Fälle mit grösseren, dunkel gefärbten und vielfach „grobkörnigen" weiblichen Zellen, in denen die Contraktion der ganzen Plasmamasse so gross ist, dass nur ein Vergleich der ganzen Entwicklungsgeschichte Sicherheit über die Erhaltung der ursprünglichen, dicht zusammengeballten Chromatophoren gewährt. In solchen Fällen ist häufig die Masse der fettartig glänzenden Tropfen innerhalb des Protoplasmas, das die Chromatophoren ringsum umgiebt, so gross, dass diese letzteren dadurch vollständig verdeckt und unkenntlich gemacht werden. Eine genauere Untersuchung aber lässt in diesen Zellen nicht nur die Chromatophoren selbst wohlerhalten erkennen, sondern ebenso auch die Pyrenoide derselben und zuweilen selbst die Stärkehüllen der letzteren; ja es erweisen sich die Chromatophoren in diesen Zellen durchweg weit reichlicher ausgebildet als in den vegetativen Thalluszellen, die Zellen selbst dadurch viel intensiver gefärbt. Dahin gehören z. B. die weiblichen Zellen von *Oedogonium*, *Volvox*, *Coleochaete*, *Vaucheria*, — *Fucus*, *Cutleria*, *Dictyota* — *Bangia*, *Porphyra*.

---

1) Vgl. Berthold, l. c.

Dieser dunkleren Färbung der weiblichen Sexualzellen der braunen und der meisten grünen Algen gegenüber sind die weiblichen Zellen der Characeen, die sog. Centralzellen der Sporenknospe, vollständig farblos. Doch gelang es mir bei sorgfältigster Untersuchung und Anwendung der stärksten Vergrösserungen bei mehreren Characeen (*Tolypella intricata*, *Nitella flexilis* und *translucens*) im Inneren dieser Centralzelle der Sporenknospe vor dem ersten Auftreten der Stärkekörner kleine, vollständig farblose, scheibenförmige Chromatophoren, die allerdings nur sehr schwierig zu erkennen waren, in lockerer wandständiger Schicht nachzuweisen. Durch die reichliche Anhäufung von Stärkekörnern, die sehr bald in diesen Zellen einzutreten pflegt, werden diese ohnedies ganz farblosen Chromatophoren bald vollständig verdeckt und unkenntlich gemacht. Allein die erwähnte Beobachtung der jüngeren Entwicklungsstadien der Centralzelle zeigt doch deutlich, dass auch bei den Characeen geformte Chromatophoren in die Bildung der weiblichen Sexualzelle eingehen.

Ein eigenthümliches Verhalten aber zeigen im Zusammenhang mit der eigenartigen Weise der Fruchtbildung die Florideen. Hier wächst bei einzelnen Arten die befruchtete weibliche Zelle, die Trichogynzelle, selbst zur Frucht aus; bei anderen tritt sie zuvor mit besonderen Hülfszellen, den sog. carpogenen Zellen, in Verbindung und erzeugt dann erst die Frucht; bei anderen endlich überträgt sie einfach die Einwirkung der Befruchtung auf die carpogenen Zellen, die nun ihrerseits zur Frucht auswachsen. In den erstgenannten Fällen nun zeigten mir mehrere genauer untersuchte Arten (*Nemalion multifidum*, *Helminthocladia purpurea*) die Chromatophoren im unteren Theile der Trichogynzelle vollständig und deutlich erhalten, ja sogar überall mit einem deutlichen Pyrenoid versehen, während bei *Batrachospermum moniliforme* die Chromatophoren zwar ebenfalls stets vorhanden, aber viel schwieriger nachzuweisen waren. In den Fällen der zweiten Art war mir eine bestimmte Entscheidung der Frage, ob geformte Chromatophoren im Inneren der Trichogynzelle vorhanden seien oder nicht, bisher noch nicht möglich

(z. B. *Polyides rotundus*); jedenfalls habe ich bis jetzt nirgends gefärbte Chromatophoren gesehen. Von den Fällen des letzten Modus der Fruchtbildung aber muss ich für die genauer untersuchten Beispiele (z. B. *Callithamnion corymbosum*) das Vorhandensein geformter Chromatophoren im Inneren der Trichogynzellen vollständig in Abrede stellen. In den carpogenen Zellen dagegen, die ja in diesen Fällen die eigentliche Rolle der weiblichen Zelle übernehmen und zur Frucht auswachsen, liessen sich stets geformte (wenn auch oft vollständig farblose) Chromatophoren nachweisen.

Allgemein also finden sich in den weiblichen Zellen der Algen, mögen diese wie immer gestaltet sein, die Chromatophoren, theils gefärbt, theils farblos, als bestimmt abgegrenzte Körper erhalten. In dem Akte der Befruchtung vollzieht sich nun bei allen Algen eine Vereinigung der beiden, gleich oder ungleich gestalteten, sexuell differenzirten Zellen zu einer einzelnen Zelle. Der Zellkern der einen Zelle vereinigt sich mit dem Zellkern der anderen Zelle, das Protoplasma beider Zellen schliesst ebenfalls zu einem nunmehr einheitlichen Körper zusammen, der nun die Chromatophoren der beiden vorher getrennten Zellen umschliesst. In denjenigen Fällen, wo die männliche Zelle keine Chromatophoren enthält, stammen dann natürlich die sämmtlichen Chromatophoren der befruchteten Eizelle aus der weiblichen Zelle. Wo aber auch die männliche Zelle geformte Chromatophoren besitzt, oder beide Geschlechtszellen einander völlig gleich sind, gesellen sich die Chromatophoren der männlichen Zelle denjenigen, die aus der weiblichen Zelle stammen, hinzu und bilden nun mit ihnen vereint die Gesammtsumme der Chromatophoren der Eizelle. Als solche liegen sie dann in der Eizelle in bestimmter Anordnung vertheilt und gruppirt neben einander, häufig dicht zusammengeballt oder durch fettglänzende Tropfen verdeckt und unsichtbar gemacht.

Nur in einzelnen Fällen lässt sich innerhalb der befruchteten Eizelle eine Verschmelzung der beiderlei Chromatophoren constatiren. So legen sich, wie bekannt [1]), bei den sog. einspirigen Arten von *Spirogyra* innerhalb der Zygospore die beiden Chlorophyllbänder der beiden Sexualzellen so neben einander, dass sie ein einzelnes Spiralband herstellen, und verschmelzen mit den einander zugewandten Enden zu einem einheitlichen Bande. Desgleichen legen sich in der Zygote von *Epithemia* die plattenförmigen Chromatophoren mit den Enden an einander und verschmelzen zu einer einheitlichen Platte. In anderen Fällen dagegen findet im Inneren der befruchteten Eizelle eine Verschmelzung der Chromatophoren entschieden nicht statt [2]), wie sich z. B. aufs bestimmteste in den Zygosporen von *Zygnema* feststellen lässt, die jederzeit vier deutlich gesonderte „Chlorophyllsterne" aufweisen. Ebenso zeigten mir auch die Copulationszellen von *Monostroma bullosum*, so lange ich dieselben beobachten konnte, die beiden Chromatophoren der beiden copulirten Zellen, in denen die Pyrenoide wohl erhalten sind, stets deutlich getrennt, was auch bereits aus den Abbildungen bei Reinke [3]) zu ersehen ist. Ebendasselbe aber hebt auch Berthold [4]) für die Zygoten von *Ectocarpus siliculosus* und *Scytosiphon lomentarium* ausdrücklich hervor, während im Uebrigen die vorliegenden

1) De Bary, Conjugaten p. 3.

2) Diese Thatsache modificirt nicht unwesentlich den neuerdings aufgestellten Satz, dass bei der geschlechtlichen Befruchtung die gleichwerthigen Theile beider Sexualzellen sich vereinigen. Dagegen spricht dieselbe viel mehr für die Annahme, dass es bei der Befruchtung wesentlich nur auf die Vereinigung des Zellkerns der männlichen Zelle mit dem Zellkern der weiblichen Zelle ankomme; eine Annahme, welche auch sonst mit den Thatsachen weit besser im Einklang steht.

3) Reinke, Ueber *Monostroma bullosum* und *Tetraspora lubrica* (Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. XI. Taf. 28). Im Text dieser Abhandlung ist keine nähere Angabe über ein eventuelles Verschmelzen der Chromatophoren enthalten.

4) Berthold, die geschlechtliche Fortpflanzung der eigentlichen Phaeosporeen (Mittheil. der zool. Station zu Neapel. II. p. 406).

Angaben der Litteratur über diese Frage stillschweigend hinwegzugehen pflegen.

Die befruchtete Eizelle entwickelt sich dann entweder sofort weiter und wächst zu einer neuen Pflanze oder einem neuen Zellkörper heran, wie dies bei den Meeresalgen sehr vielfach Brauch ist (Fucaceen, Cutleriaceen, Dictyotaceen — Florideen — Bangiaceen), oder sie bereitet sich, wie bei den meisten Süsswasseralgen, für eine kürzere oder längere Ruhezeit vor und gestaltet sich direkt oder nach wenigen Theilungsschritten zur Dauerspore. Im ersteren Falle beginnen die Chromatophoren der Eizelle, während diese selbst heranwächst und wiederholt sich theilt, ihrerseits ebenfalls ein lebhaftes Wachsthum und reichliche Vermehrung durch Theilung, ebenso wie es in den vegetativen Zellen üblich ist. Im zweiten Falle dagegen (bei der Mehrzahl der Chlorophyceen) gestaltet sich die befruchtete Eizelle in ganz derselben Weise zur Dauerzelle, wie das oben für die geschlechtslosen Dauerzellen beschrieben ward. Die ganze Zelle umgiebt sich mit einer mehr oder minder dicken, mehrschichtigen, theilweise cuticularisirten Membran; im Inneren der Zelle aber treten innerhalb des Protoplasmas immer zahlreicher grössere und kleinere, fettartig glänzende Tropfen auf, welche namentlich rings um die Chromatophoren sich anhäufen und den „Zellinhalt" immer mehr „grobkörnig" und dunkel erscheinen lassen. Dadurch werden die einzelnen Theile des Protoplasmas (wandständiger Schlauch, Bänder u. s. w.) immer mehr ausgedehnt bis zu seitlicher Berührung, sodass vielfach der mittlere Zellraum vollständig oder doch fast vollständig schwindet. Die gegenseitige Anordnung und Gruppirung von Zellkern und Chromatophoren aber, obgleich im Einzelnen nicht selten etwas modificirt, bleibt doch im Allgemeinen wohl erhalten, auch wenn diese Theile durch die Masse der grösseren und kleineren „Körner" ringsum eingeschlossen und fast vollständig verdeckt und unkenntlich gemacht sind. Im letzten Stadium der Reife dieser Dauersporen aber schwindet die Stärke, die bei den meisten grünen Algen bisher noch im Inneren der Chromatophoren

angehäuft war, zum grösseren Theile oder vollständig, und gleichzeitig vergrössert sich noch die Menge der fettartigen Tropfen, während die bisherige Färbung der Chromatophoren an Intensität mehr oder weniger abnimmt [1]).

Der nähere Einblick in diese Vorgänge bei der Ausbildung der Dauersporen und in den inneren Bau der reifen Sporen selbst ist allerdings sehr erschwert theils durch die dicke Membran derselben, deren cuticularisirte Schicht vielfach gelbbraun gefärbt und zierlich gezeichnet ist, theils durch die grobkörnige Beschaffenheit des Inhaltes, dessen fettglänzende Tropfen ebensowohl, wie die stark lichtbrechenden Stärkekörner durch ihre Lichtbrechung zur Verdunkelung wesentlich beitragen. Dazu kommt, dass vielfach die fettglänzenden Tropfen nicht ganz farblos sind, oder dass zwischen den farblosen Tropfen, theils nur in der Mitte der Spore, theils auch an der Oberfläche derselben, mehr oder minder zahlreiche zinnoberrothe Schleimkugeln von Hämatochrom sich anhäufen, welche die Spore bald in ihrer ganzen Masse, bald nur in ihrem Centrum ziegelroth färben und die ursprüngliche Färbung der Chromatophoren vollständig verdecken [2]). Alles

1) Vgl. oben p. 115 Anm. 1.

2) Die Entstehung dieser rothen Färbung der geschlechtlichen (ebenso auch der ungeschlechtlichen) Dauersporen der Algen ist bisher, soweit ich finden kann, nur für die Zygosporen von *Spirogyra* von de Bary (Conjugaten p. 5) in der oben angegebenen Weise beschrieben worden. In allen übrigen Beschreibungen wird entweder nur erwähnt, dass die grüne Färbung schwinde und an deren Stelle eine rothe auftrete (letztere nach Falkenberg [Schenk, Handbuch der Botanik. II. p. 173] an „Schleim- oder Oeltröpfchen" gebunden), oder es wird geradezu behauptet, dass der Chlorophyllfarbstoff in ein rothes Oel sich verwandele, welches dann bei der Keimung den Chlorophyllfarbstoff wieder regenerire. Dieser letzteren Behauptung gegenüber muss ich jedoch hervorheben, dass in allen Fällen, die ich selbst untersuchen konnte (und zwar nicht nur in den geschlechtlich gebildeten Dauersporen, sondern auch in allen ungeschlechtlichen Dauersporen und ebenso auch in den vegetativen Zellen von *Chroolepus* und *Haematococcus*), die rothe Färbung stets durch rothe Schleimkugeln hervorgerufen ward, welche die grün gefärbten Chromatophoren verdeckten, dass aber die letzteren

dies trägt dazu bei, eine Aufklärung des Baues dieser Sporen durch ausschliessliche Untersuchung der lebenden Spore unmöglich zu machen. Allein durch geeignete Anwendung der Härtungsmittel (Alkohol, Pikrinsäure u. s. w.) und aufhellender Substanzen (ätherische Oele, Chloralhydrat u. s. w.) (— mit Färbungsmitteln ist bei diesen Dauersporen leider fast gar nichts anzufangen, da die cuticularisirte Schicht ihrer Membran diese Färbungsmittel nicht durchlässt —) gelingt es, sich Einblick in den inneren Bau dieser Dauersporen zu verschaffen, indem man die sämmtlichen fettartig glänzenden Tropfen theils durch Auflösung entfernt, theils zum Zusammenfliessen bringt, etwa noch vorhandene Stärkekörner aber durch ätherisches Oel unschädlich macht. Dann treten inmitten einer zusammenhängenden Grundmasse die Chromatophoren und Zellkerne der Sporen deutlich hervor. Und dann lässt sich constatiren, dass nicht nur der Zellkern überall in den Sporen erhalten ist, sondern dass auch die Chromatophoren überall noch in ihrer ursprünglichen Gestaltung, wenn auch ein wenig geschrumpft, vorhanden sind, und dass innerhalb derselben auch die Pyrenoide nicht zerstört worden sind, wenn auch die Stärkehülle der letzteren meist vollständig aufgebraucht worden ist. Am leichtesten zu erkennen aber ist dies alles bei solchen Algen, deren Chromatophoren eine besonders charakteristische und leicht kenntliche Gestalt besitzen wie z. B. *Zygnema* und *Spirogyra*, während andere Formen mit weniger auffallend gestalteten Chromatophoren (z. B. *Vaucheria*) der sicheren Entscheidung grössere Schwierigkeiten entgegensetzen [1].

---

niemals beim Eintritt der rothen Färbung zu Grunde gingen, noch auch ihre bisherige Färbung vollständig verloren, wenn auch in einzelnen Fällen der bisherige Farbenton etwas an Intensität einbüssen mochte.

1) Die obigen Angaben über den Bau reifer Dauerzellen und Dauersporen stützen sich ausschliesslich auf die Untersuchung solcher Zellen, welche innerhalb des Wassers vollständig herangereift waren, ohne jedoch ausgetrocknet zu sein. Ich habe es nicht für nothwendig gehalten, ausserdem auch solche Sporen zu genauerer Untersuchung heranzuziehen, die vollständig ausgetrocknet waren,

Das im Vorstehenden beschriebene Verhalten haben mir nun sämmtliche bisher genauer untersuchten Fortpflanzungs- und Dauerzellen der Algen gezeigt, mochten dieselben aus ungeschlechtlichen, vegetativen Zellen oder aus befruchteten Eizellen hervorgegangen sein. Ueberall blieben die Chromatophoren nebst den Pyrenoiden als geformte Körper erhalten. — Dies letztere zeigt sich nun auch bei der Keimung aller dieser Fortpflanzungs- und Dauerzellen. Es beginnen dabei einfach die Chromatophoren aufs Neue auszuwachsen und sich in gleicher Weise wie in den übrigen vegetativen Zellen derselben Algenarten zu vermehren.

Dies zeigt sich zunächst aufs Einfachste und Deutlichste bei der Keimung aller derjenigen Fortpflanzungszellen, die keine längere Ruhezeit durchzumachen haben. Hier wächst einfach die ganze Zelle, sobald sie sich festgesetzt hat, unmittelbar oder nach kurzer Pause zu einem jungen Keimpflänzchen heran. In ihrem Inneren aber beginnen die Chromatophoren ganz in derselben Weise wie in den übrigen vegetativen Zellen der betreffenden Algen sich lebhaft zu vermehren.

Das Gleiche erfolgt aber auch in allen denjenigen Zellen, welche erst nach einer mehr oder minder langen Ruhezeit zu neuen Pflanzen auskeimen, wie bereits die vorhandenen Angaben der Litteratur zur Genüge darthun. Bei Beginn der Keimung nimmt in den Dauerzellen zunächst die Menge der fettartigen Tropfen mehr und mehr ab, die Masse des Hämatochroms verringert sich oder schwindet gänzlich [1]), die frühere Struktur der Zelle, die

---

da keinerlei Angabe bisher darauf hinwies, dass während des Austrocknens noch wesentliche Veränderungen im Inneren der Spore eintreten. Ein Zugrundegehen der bisher vollständig erhaltenen Chromatophoren während des Austrocknens ist ohnedies wohl kaum anzunehmen, auch wenn während dieses Austrocknens einzelne der Substanzen, die im Protoplasma abgelagert sind, noch weitere Veränderungen erfahren sollten.

1) Bei diesem Schwinden der Fetttropfen und Schleimkugeln treten in den rothen Dauerzellen der Chlorophyceen die grün gefärbten Chromatophoren wieder deutlich sichtbar hervor. Die rothe Färbung dieser Dauerzellen geht wieder in grün über, von einer direkten Umwandlung des Hämatochroms in Chlorophyll aber ist nichts zu beobachten.

derselben vor dem Uebergang in den Dauerzustand eigen war, tritt immer deutlicher wieder hervor. Dann wird durch die Ausdehnung des Protoplasmas die äussere, cuticularisirte Zellhaut gesprengt, die hervortretende Keimzelle aber zeigt nun bereits deutlich den typischen Bau der vegetativen Thalluszellen der betreffenden Alge. Nur reichlicher vorhandene fettartige Tropfen und vereinzelte Hämatochrom-Tröpfchen erinnern noch an die eben zurückgelegte Zeit des Dauerzustandes. Es treten eben einfach beim Neuerwachen des Lebens der Dauerzelle die alten, wohlerhaltenen Chromatophoren, ebenso wie der alte Zellkern, wieder in Thätigkeit. Dies alles aber vollzieht sich ganz in derselben Weise bei ungeschlechtlichen Dauerzellen, wie bei den befruchteten Eizellen, die in Dauerzustand übergegangen sind.

Der ganze Vorgang der Dauerzellbildung, mag er infolge einer geschlechtlichen Befruchtung oder ohne eine solche eintreten, läuft somit einfach darauf hinaus, dass der normale Verlauf des vegetativen Wachsthums zeitweise unterbrochen, die betreffende Zelle eine Zeit lang in Ruhe versetzt wird: ihr Protoplasma wird mit fettartigen Tropfen vollgepfropft und gleichzeitig verdichtet, die vorhandene

---

Die Hämatochromkugeln schwinden, in den Chromatophoren tritt der grüne Farbstoff, der keineswegs vollständig geschwunden war, wieder sichtbar hervor oder nimmt zuweilen auch eine intensivere Färbung an, als er zuvor besessen hatte; niemals aber sieht man die Tropfen und Kugeln des Hämatochroms grün werden oder die Chromatophoren sich roth färben. Da mag denn vielleicht dieser rothe Farbstoff in irgend einer noch nicht erkennbaren, genetischen Beziehung zu dem grünen Chlorophyllfarbstoff stehen; eine unmittelbare und direkte Beziehung, sodass beide Farbstoffe sich direkt in einander umwandelten, wie man dies neuerdings (vgl. oben p. 130 Anm. 2) behauptet hat, lässt sich jedoch aus den angegebenen Thatsachen noch nicht herleiten. Vielmehr zeigen diese Thatsachen ausdrücklich, dass beide Farbstoffe in derselben Zelle nebeneinander auftreten, das Chlorophyll als färbende Substanz der Chromatophoren, das Hämatochrom in Gestalt kleiner oder grösserer Tropfen und Kugeln; nur das Mengenverhältniss beider Farbstoffe wechselt, sodass bald das Chlorophyll, bald das Hämatochrom in der einzelnen Zelle überwiegt, die einzelne Zelle dadurch bald grün, bald roth gefärbt erscheint.

Stärke wird grösstentheils oder vollständig aufgelöst, die zeitweilig ausser Dienst gestellten Chromatophoren aber schrumpfen ein wenig ein, ihre Färbung verliert zuweilen etwas an ihrer bisherigen Intensität. Bei der Keimung aber tritt unter der belebenden Einwirkung günstiger äusserer Umstände ein Neuerwachen des ganzen Zellenlebens ein, die fettartigen Tropfen schwinden, das Protoplasma beginnt seine Thätigkeit aufs Neue und Chromatophoren und Zellkerne nehmen aufs Neue ihre Funktionen auf.

Eine Neubildung von Chromatophoren findet nirgends, weder bei der Bildung, noch bei der Keimung solcher Dauerzellen statt.

Nirgends also in dem gesammten Verlaufe des Entwicklungsganges der Algen hat sich eine Vermehrung der Chromatophoren durch Neubildung feststellen lassen, überall fand ausschliesslich Vermehrung durch Theilung statt. Für die vegetative Zellvermehrung der gefärbten Thallusabschnitte ist dies wohl längst allgemein anerkannt worden. Allein auch bei der Neubildung von Zellen aus farblosem Meristeme fand sich dasselbe bestätigt. Und ebenso konnte bei der Neubildung von Individuen vermittelst ungeschlechtlicher oder geschlechtlicher Fortpflanzung festgestellt werden, dass eine Neubildung von Chromatophoren nirgends erfolgt, die Vermehrung derselben vielmehr überall nur durch Theilung der vorhandenen, die aus der Mutterpflanze stammen, sich vollzieht. Ueberall also, soweit die bisherigen Untersuchungen ein Urtheil gestatten, bleiben bei den Algen die selbständig ausgestalteten Chromatophoren als solche erhalten und vermehren sich als geformte Organe des reich gegliederten und ausgestalteten Zellenleibes selbständig weiter, in ganz analoger Weise, wie dies auch der Zellkern innerhalb des Zellenleibes zu thun pflegt. Dadurch vererbt sich die bestimmte Gestaltung, welche die Chromatophoren einer Algenform einmal besitzen, auf alle ihre Nachkommen von Generation zu Generation fort, und so wird es leicht verständlich, dass bei den einzelnen Species die Gestaltung der Chromatophoren zu den charakteristischsten spezifischen Merkmalen gezählt werden kann.

XII.

Der fortgesetzten Vermehrung der Chromatophoren durch Theilung gegenüber erfolgt nur selten eine Verringerung ihrer Anzahl durch Vereinigung mehrerer selbständiger Chromatophoren. Nur wenige Fälle dieser Art sind bisher sicher constatirt worden.

Dahin gehören vor allem die beiden schon zuvor erwähnten Fälle von *Spirogyra* und *Epithemia*, bei denen in den Zygoten die Chromatophoren der beiden copulirenden Zellen mit den schmalen Endflächen sich an einander legen und mit einander zu einem einheitlichen Chromatophor verschmelzen.

Aehnliche Vorgänge finden nun auch zuweilen bei der Bildung der Zoosporen grüner Algen statt. Bei *Cladophora* und anderen Siphonocladaceen sammelt sich bei der Zoosporenbildung um jeden Zellkern das nächst angrenzende Protoplasma; die darin eingebetteten Chromatophoren aber rücken dabei seitlich so nahe zusammen, dass die einzelnen Chromatophoren nicht mehr als solche zu unterscheiden sind. Die Gesammtmenge derselben bildet anscheinend nur einen einzelnen Körper, der als solcher auch in den Zoosporen selbst hervortritt. Bei der Keimung dieser Zoosporen aber erfolgt dann gewöhnlich bald eine Zertheilung dieses einzelnen Chlorophyllkörpers in mehrere selbständige Chromatophoren.

Diese Thatsachen lassen nun zwar auch die Annahme zu, dass die alten Chromatophoren bei der Zoosporenbildung bis zur vollständigen Berührung einander nahe rücken, allein ihre bisherige Selbständigkeit auch in den Zoosporen selbst noch beibehalten und bei der Keimung der letzteren einfach wieder aus einander rücken. Allein mir scheint doch die andere Deutung vorzuziehen, dass die vorher selbständigen Chromatophoren bei der Bildung der Zoosporen zu einem einheitlichen Chlorophyllkörper verschmelzen, der bei der Keimung der Zoosporen sich aufs Neue durch Theilung vermehrt: jedenfalls wird diese letztere Deutung durch die Thatsachen selbst unmittelbar nahe gelegt, und hat es mir bisher noch durch keinerlei Mittel gelingen wollen, in den Zoosporen

die alten Chromatophoren noch als solche getrennt und einzeln sichtbar zu machen [1]).

Dieselben Vorgänge finden auch bei der Bildung der Zoosporen von *Halosphaera viridis* statt. Die Zellen dieser Alge enthalten, wie ich seiner Zeit beschrieben habe [2]), in wandständiger Schicht sehr zahlreiche kleine, unregelmässig eckige Chlorophyllscheibchen (die anscheinend durch Zerstückelung einer einzelnen grossen, vielfach durchbrochenen und gelappten Scheibe entstehen). Bei der Zertheilung des ganzen Zellplasmas in zahlreiche einzelne Abschnitte sammelt sich das gesammte Plasma um die Zellkerne zu halbkugeligen Ballen an. Im Inneren derselben aber sind nun die einzelnen Chlorophyllscheibchen so dicht zusammengedrängt, dass eine Unterscheidung derselben unmöglich ist, und bleibt nichts anderes übrig als anzunehmen, dass sie zu einem einzelnen, muldenförmigen Chlorophyllkörper verschmelzen.

Bei anderen Algen habe ich bisher ein analoges Verschmelzen von Chromatophoren bei der Zoosporenbildung noch nicht zu constatiren vermocht. In manchen Fällen liess sich vielmehr ausdrücklich feststellen, dass in der Zoospore mehrere selbständige Chromatophoren vollständig von einander gesondert vorhanden sind (z. B. aufs Deutlichste in den grossen Zoosporen von *Vaucheria*) [3]).

---

1) Aus einigen Beobachtungen glaube ich sogar entnehmen zu müssen, dass zuweilen bei der Keimung der Zoosporen von Siphonocladaceen eine Theilung des zusammengesetzten Chromatophors der Zoosporen in einzelne kleinere Abschnitte nicht sofort erfolgt, vielmehr die einzelnen Zellen der Keimpflänzchen längere Zeit hindurch nur ein einzelnes scheibenförmiges Chromatophor enthalten. Bei *Cladophora arcta* und einigen anderen Siphonocladaceen behalten, wie ja schon oben (p. 15) erwähnt ward, die sämmtlichen Zellen des Thallus jederzeit eine einzelne, durchbrochene, wandständige Chlorophyllplatte.

2) Schmitz in Mittheilungen der zoolog. Station zu Neapel I. Bd. 1878. p. 68, 71.

3) Es zeigen somit die Chromatophoren auch hier wieder eine grosse Analogie mit den Zellkernen, die bekanntlich zuweilen in der einzelnen Zoospore in Mehrzahl als selbständige, getrennte Körper

Doch dürfte bei genauerer Untersuchung ein solches Verschmelzen mehrerer Chromatophoren wohl auch noch anderwärts bei grünen Algen nachzuweisen sein. Bei Phaeophyceen und Rhodophyceen habe ich bisher von einer Verschmelzung der Chromatophoren bei der Sporenbildung noch nichts wahrgenommen.

Ob auch in vegetativen Thalluszellen ein Verschmelzen mehrerer Chromatophoren gelegentlich vorkommt, mag einstweilen dahingestellt bleiben. Meine bisherigen Beobachtungen geben mir jedenfalls noch keinen Anhalt für eine solche Annahme.

XIII.

In den vorhergehenden Abschnitten ward der Nachweis geführt, dass eine Neubildung von Chromatophoren in den Zellen der Algen nirgends stattfindet, wenigstens nirgends ein Anlass zur Annahme einer solchen Neubildung aufzufinden ist. Dagegen nun lässt sich ein Schwinden vorhandener, geformter Chromatophoren in verschiedenen Fällen nachweisen. Nicht nur beim Absterben der ganzen Zelle gehen, wie natürlich, mit dem gesammten Protoplasma auch die Chromatophoren zu Grunde, sondern es schwinden auch öfters im Inneren von Zellen, die im Haushalt der ganzen Pflanze ausschliesslich für eine bestimmte Einzelfunktion ausgerüstet und angepasst werden, die Chromatophoren, deren es nicht mehr bedarf, und die deshalb hier aufgegeben werden. Namentlich ist dies der Fall bei solchen Algenformen, deren massigerer Körperentwicklung auch eine reichere Gliederung und weitergehende Theilung der Funktionen der Einzelorgane entspricht.

Dieses Schwinden der Chromatophoren wird allgemein eingeleitet durch ein allmähliches Verbleichen der

---

vorhanden sind (z. B. gerade bei *Vaucheria*), zuweilen zu einem einzelnen grösseren Zellkern mit einander verschmelzen (wie Berthold für *Derbesia* nachgewiesen hat).

bisherigen Färbung; ja es bildet dieses Schwinden einfach den letzten Abschluss eines Rückbildungsprozesses, als dessen erster Schritt jene Entfärbung der Chromatophoren anzusehen ist. Die hierher gehörigen Fälle sind deshalb zum grössten Theile bereits in den vorhergehenden Abschnitten erwähnt worden. Es führt in allen diesen Fällen die Verfärbung der Chromatophoren zunächst zur vollständigen Entfärbung hin, und darauf wird allmählich auch die bisherige Abgrenzung der Chromatophoren immer undeutlicher und ist schliesslich in keiner Weise mehr sichtbar zu machen.

Ein solches vollständiges Schwinden der Chromatophoren lässt sich nun, wie schon oben erwähnt, deutlich constatiren in den Zellen der Haare und Rhizoiden mancher Algen (während bei anderen Arten in den Haaren und Rhizoiden die Chromatophoren nur geringe Anzeichen einer Rückbildung aufweisen oder vollständig erhalten bleiben). Desgleichen dürfte ein solches vollständiges Schwinden der Chromatophoren wohl auch zuweilen im Inneren des Thallus grösserer Algenformen, z. B. im Inneren des Stammes grösserer Laminarieen, stattfinden; doch habe ich bisher ein Beispiel hierfür noch nicht aufzufinden vermocht, vielmehr in allen bisher untersuchten Fällen in den hyalinen Markzellen der Fucaceen und Laminarieen wohl ausgebildete Chromatophoren constatiren müssen. Dagegen lässt sich wieder, wie oben bereits erwähnt, ein vollständiges Schwinden der Chromatophoren direkt feststellen bei der Bildung der männlichen Sexualzellen von *Fucus* und anderer braunen Algen.

Ein Beispiel ferner, in welchem ich das Schwinden des Chromatophors genauer verfolgen konnte, bietet die hypogyne Zelle von *Helminthocladia purpurea.* Diese Zelle enthält Anfangs, wie alle benachbarten Zellen, einen wohl ausgebildeten Zellkern und ein deutliches Chromatophor. Allmählich, während die Trichogynzelle selbst heranwächst, verliert dies Chromatophor immer mehr seine intensive Farbe und schrumpft zusammen, das bisher deutliche Pyrenoid verschwindet vollständig. Dann erscheint das Chromatophor farblos und nur undeutlich begrenzt, und schliesslich ist dasselbe gar nicht mehr nachzuweisen.

— Auch in der zweiten und dritten Zelle unterhalb der Trichogynzelle schwinden die Anfangs sehr deutlichen Chromatophoren später zum Theil und werden kleiner und weniger intensiv gefärbt, ohne jedoch vollständig unsichtbar zu werden.

Alle diese genannten Beispiele aber zeigen zur Genüge, dass ein vollständiges Schwinden der Chromatophoren in Zellen, deren Protoplasma selbst noch lebendig bleibt, mehrfach stattfindet. Doch hat sich eine Neubildung chromatophorenhaltigen Gewebes aus solchen hyalinen Zellen bisher nirgends constatiren lassen. — In welcher Weise aber dieses vollständige Schwinden sich vollzieht, ob die geschrumpften und entfärbten Chromatophoren von dem umgebenden Protoplasma aufgezehrt und verbraucht werden, oder ob nach dem Schwinden des Farbstoffs die entfärbte Grundsubstanz des Chromatophors unter allmählichem Verschwinden der bisherigen Abgrenzung dem umgebenden Protoplasma sich anschliesst und einfügt, darüber lässt sich bisher noch keine bestimmte Aussage machen, wenn auch wohl das erstere als das wahrscheinlichere erscheinen dürfte.

Mit dem ganzen Chromatophor oder vielmehr, wie sich in dem Beispiel der *Helminthocladia purpurea* zeigte, schon etwas früher werden auch die Pyrenoide unkenntlich und schwinden. So lange jedoch die Chromatophoren selbst erhalten bleiben, bleiben auch ihre Pyrenoide bestehen. Nirgends unter allen untersuchten Algen habe ich ein Schwinden der Pyrenoide in vegetativen Zellen zu constatiren vermocht. Ebensowenig aber war ein solches Schwinden bei der Bildung von Fortpflanzungszellen oder Dauerzellen festzustellen. Ueberall vielmehr bei der Bildung von Zoosporen oder unbeweglichen Sporen, ungeschlechtlichen oder geschlechtlichen Fortpflanzungszellen und ebenso auch in den Dauer- und Ruhezellen liess sich mit Sicherheit ermitteln, dass die Pyrenoide nicht aufgelöst werden, sondern erhalten bleiben, auch selbst wenn

sämmtliche Stärkekörner der Chromatophoren und auch diejenigen der Stärkehüllen der Pyrenoide verbraucht werden und schwinden. Es ist dies im Einzelnen ja bereits in den vorhergehenden Abschnitten erwähnt worden, allein es musste hier zum Schluss noch einmal zusammenfassend constatirt werden, dass eine Auflösung oder ein Schwinden dieser Inhaltskörper der Chromatophoren bisher nirgends hat festgestellt werden können, wenn auch öfters die Anfangs deutlich sichtbaren Pyrenoide im Laufe der Entwicklung schwieriger erkennbar werden.

Diese Thatsache aber möchte wohl sehr dafür sprechen, dass die Pyrenoide nicht leblose Inhaltskörper der Chromatophoren, etwa geformte und aufgespeicherte Reservestoffe, darstellen, sondern vielmehr aktiv lebendige und wesentliche Theile dieser Chromatophoren, die an der Lebensthätigkeit derselben einen wesentlichen und wichtigen Antheil nehmen.

XIV.

Aus der Darstellung der vorhergehenden Abschnitte lässt sich nun auch die Frage beantworten, inwieweit die Zellen sämmtlicher Theile des Algenthallus mit Chromatophoren versehen sind, inwieweit diese zu den wesentlichen Bestandtheilen der Algenzellen zu rechnen sind.

Wie erwähnt, enthalten sämmtliche Fortpflanzungszellen, so verschieden sie auch sonst gestaltet sein mögen, stets geformte Chromatophoren, und ebenso finden sich solche stets in den Zellen des Meristems, mag dasselbe gefärbt oder farblos sein. Daraus folgt zunächst, dass alle Gewebezellen aus chromatophorenhaltigen Zellen ihren Ursprung nehmen. Chromatophorenfreie Zellen können somit nur entstehen, wenn entweder in einer Zelle die vorhandenen Chromatophoren schwinden, oder wenn bei einer Zelltheilung einer der beiden Tochterzellen die sämmtlichen Chromatophoren der Mutterzelle zufallen, die andere Zelle gar keine Chromatophoren erhält. Beide Vor-

gänge finden nun, wie erwähnt, in einzelnen Fällen beim Aufbau des Algenkörpers thatsächlich statt. Allein die Fälle, in denen der eine oder der andere Vorgang constatirt werden konnte (Haare und Rhizoiden mancher Algen, männliche Sexualzellen der Fucaceen, Characeen, Florideen und einiger anderen Algen, u. s. w.), stellten sämmtlich solche Fälle dar, in denen es sich um Ausrüstung einzelner Zellen zu einer ganz speciellen biologischen Funktion, zu welcher die Chromatophoren ganz überflüssig waren, handelte, nicht um den Aufbau ausdauernder Thallusabschnitte. Desgleichen fand in diesen chromatophorenfreien Zellen zwar zuweilen noch Zelltheilung statt (männliche Sporangien der Dictyotaceen und Characeen), allein dieselbe war doch stets nur von sehr begrenzter Dauer und führte stets nur zur Vervielfältigung der Anzahl der betreffenden Specialzellen. Niemals handelte es sich um ausgiebigere Zellvermehrung oder Bildung grösserer Abschnitte des ausdauernden Algenthallus. Dieser setzte sich vielmehr in allen untersuchten Fällen ausschliesslich aus chromatophorenhaltigen Zellen zusammen, mochten diese Chromatophoren nun kräftiger ausgebildet sein und für die Physiognomie der betreffenden Zelle wesentlich mitbestimmend, oder mochten sie in unscheinbarer Gestalt und ohne charakteristische Färbung sich dem Auge des Beobachters bei flüchtiger Betrachung gänzlich entziehen.

Nun haben freilich die vorliegenden Untersuchungen, wie natürlich, das ganze Gebiet der Algenwelt noch nicht erschöpfen können und namentlich die Riesengestalten der antarktischen Algenflora noch ganz unberücksichtigt gelassen. Es bleibt deshalb immerhin noch möglich, dass ein genauerer Vergleich auch dieser Formen die gewonnenen Resultate in etwas modificiren möchte. Namentlich möchte ich es nicht für unwahrscheinlich halten, dass sich die Cambiumzellen, welche das Dickenwachsthum der Stämme der grösseren Laminarieen vermitteln, und dementsprechend auch ihre Derivate, die Zellen des Innengewebes der Stämme jener Arten, als chromatophorenfrei erweisen möchten. Allein bisher fehlt doch dieser Annahme noch jeglicher thatsächliche Anhalt, namentlich da

ich selbst die farblosen Zellen im Inneren des Stammes der untersuchten Laminarieen und Fucaceen als chromatophorenhaltig erkannt habe.

Aus den bisher vorliegenden Thatsachen lässt sich deshalb nur der Schluss ableiten, dass bei den Algen die Chromatophoren einen wesentlichen Bestandtheil des ganzen Zellenleibes bilden, einen Bestandtheil, der in keiner Algenzelle fehlt, wenn nicht die Zelle zu einer besonderen biologischen Specialaufgabe, zu welcher der Besitz von Chromatophoren überflüssig ist, besonders ausgestaltet worden ist[1]).

XV.

Zum vollständigen Abschluss der morphologischen Schilderung der Chromatophoren bedarf es jedoch noch eines näheren Eingehens auf die Produkte derselben.

Diejenigen Produkte der Chromatophoren, die nicht in bestimmt geformter Gestalt, sondern als gelöste Substanzen auftreten, sind durchweg noch sehr zweifelhaft und fraglich. Nur eines dieser Produkte ist etwas mehr sicher gestellt, die Farbstofflösung nämlich, welche die Chromatophoren selbst durchtränkt. Dass diese Farbstofflösung als ein Produkt eben dieser Chromatophoren ange-

---

1) In dieser Beziehung stehen die Chromatophoren den Zellkernen entschieden nach. Sie gehören zwar ebenso wie diese letzteren zu den wesentlicheren Bestandtheilen des Zellenleibes, allein die Bedeutung der Zellkerne ist doch noch eine weit grössere. Die Zellkerne gehen bei den Algen in keiner einzigen lebenden Zelle verloren, mag diese zu welcher Funktion immer ausgerüstet werden; sie sind keiner einzigen lebenden Algenzelle entbehrlich. Die Chromatophoren dagegen können bei mehreren Specialaufgaben des Zellenlebens entbehrt werden und gehen demgemäss zuweilen in denjenigen Zellen, die für diese Aufgaben speciell ausgerüstet sind, zu Grunde. Allein hinsichtlich der Bedeutung für das gesammte Leben der Algenzellen reihen sie sich doch unmittelbar den Zellkernen an und bilden nächst diesen das wichtigste Organ des ganzen Zellenleibes.

sehen werden muss, daran dürfte wohl kaum ein Zweifel obwalten. Allein in welcher Weise diese Farbstofflösung gebildet wird, wie sie weiterhin verbraucht wird, und welche Produkte sie ihrerseits liefert, darüber sind bisher nur wenig gesicherte Angaben [1]) möglich. Selbst die Thatsache, ob ein und derselbe Farbstoff, das Chlorophyll, in der Farbstofflösung der Chromatophoren aller Algen vorhanden und nur bisweilen durch verschiedene Beimengungen in seiner Färbung nüancirt sei, oder ob in den verschiedenen Algen verschiedene, chemisch nahe verwandte, eigenartige Farbstoffe vorliegen, ist bisher noch nicht sicher gestellt. Desgleichen ist die genauere Zusammensetzung dieser färbenden Lösungen selbst noch sehr vielen Controversen unterworfen. — Allein alle diese Fragen entziehen sich der rein morphologischen Behandlung und mögen deshalb hier unerörtert bleiben [2]). —

1) Vgl. Pringsheim, Ueber Chlorophyllfunktion und Lichtwirkung in der Pflanze (Jahrb. f. wiss. Botanik XIII).

2) Nur eine der hierher gehörigen Fragen bedarf hier noch einer kurzen Erwähnung, da dieselbe ein wesentlich morphologisches Interesse darbietet. Pringsheim hat bekanntlich neuerdings aus den Chromatophoren der grünen Algen durch die Einwirkung von Salzsäure eine Substanz hergestellt, welche in braunen Massen an der Aussenfläche der Chromatophoren sich ausscheidet, und welche er als Hypochlorin bezeichnet. Diese Hypochlorinmassen sollen nun nach seiner Angabe (Jahrb. f. wiss. Bot. XII. p. 303) in denjenigen grösseren Chromatophoren, welche Amylumheerde enthalten, „mit Vorliebe an der Peripherie der Amylumheerde" ausgeschieden werden. Und daraus folgert Pringsheim, dass hier an diesen Amylumheerden das Hypochlorin auch schon zuvor im lebenden Chromatophor in grösserer Menge angehäuft sei, seine Bildung mit den Amylumheerden selbst in näherer genetischer Beziehung stehe (p. 305). — Auch in seiner neuesten Abhandlung (Jahrb. f. wiss. Bot. XIII. p. 97 des Sep.-Abdr.) wiederholt Pringsheim diese Angaben mit den Worten: „Vorzugsweise, wenn auch nicht ganz ausschliesslich, treten hier die Hypochlorinbildungen an dem Umkreise der Amylumheerde hervor."

Meine eigenen Untersuchungen haben sich, wie die vorstehende Darstellung zeigt, eingehender mit den Amylumheerden beschäftigt. Allein ich habe eine solche specielle Beziehung der Hypochlorin-

Dagegen erfordern die bestimmt geformten Produkte der Chromatophoren noch eine eingehendere Besprechung.

Von solchen geformten Produkten finden sich nun zunächst im Inneren der meisten grünen Chromatophoren die Stärkekörner [1]). Bei der grossen Mehrzahl der grünen Algen werden Stärkekörner regelmässig in den Chromatophoren in grösserer Anzahl angetroffen; bei manchen jedoch findet man die lebhaft vegetirenden Zellen stets frei von Stärke, während nur bei verlangsamtem Wachsthum Stärke in den Chromatophoren sich anhäuft (z. B. bei *Valonia utricularis*); bei anderen endlich ist es bisher noch niemals gelungen, die Bildung von Stärke im Inneren der Chromatophoren zu constatiren, so vor allem bei den meisten Arten von *Vaucheria*, ferner bei *Chroolepus*, *Microspora*, *Botrydium* und *Euglena*. In einzelnen Fällen der letzteren Art dürfte wohl fortgesetzte Beobachtung noch

---

massen zu den Amylumheerden nicht zu constatiren vermocht. Zuweilen freilich treten an den grossen, scheibenförmigen Chromatophoren von *Mesocarpus*, *Draparnaldia*, *Oedogonium*, *Spirogyra* u. a. die Hypochlorinmassen ausschliesslich an der Peripherie der Amylumheerde hervor. Allein in der grossen Mehrzahl der Fälle, die ich selbst zu sehen bekam, war ein solcher Zusammenhang der Hypochlorinmassen und Amylumheerde n i c h t zu erkennen, die ersteren erschienen vielmehr ganz regellos an der Aussenfläche der Chromatophoren verstreut ohne irgend welche besondere Bevorzugung der Amylumheerde. Ich kann deshalb meinerseits die specielle r e g e l m ä s s i g e Lokalisirung der Hypochlorinbildung an den Orten der Amylumheerde nicht bestätigen und vermag somit auch für die Annahme einer besonderen genetischen Beziehung zwischen beiderlei Gebilden keinen entscheidenden Anlass in den beobachteten Thatsachen zu finden. — Uebrigens sagt ja auch P r i n g s h e i m selbst bereits ausdrücklich, dass die Hypochlorinmassen nur „vorzugsweise", keineswegs „ganz ausschliesslich" an der Peripherie der Amylumheerde hervortreten.

1) In ihren chemischen Reaktionen, namentlich der Blaufärbung vermittelst Jod, schliessen sich diese Stärkekörner im Allgemeinen den Stärkekörnern der Phanerogamen an. Allein bei genauerer Prüfung gelingt es doch nicht selten, einzelne Abweichungen von dem typischen blauen Farbenton der Jodfärbung zu constatiren, was übrigens bekanntlich auch bei Stärkekörnern von Phanerogamen zuweilen der Fall ist.

die Bildung von Stärke im Inneren der Chromatophoren feststellen; in anderen dagegen, z. B. gerade bei *Vaucheria*, *Microspora* und *Euglena*, weist die Ausbildung anderer geformter Produkte der Chromatophoren entschieden darauf hin, dass hier eine Bildung von Stärke im Inneren der Chromatophoren niemals stattfindet. Eine solche Bildung von Stärke unterbleibt ferner stets bei allen Algen mit braun oder roth gefärbten Chromatophoren (Bacillariaceen, Bangiaceen und vereinzelte andere Chlorophyceen [z. B. *Porphyridium*], sämmtliche Phaeophyceen und Rhodophyceen).

Diese Bildung von Stärkekörnern im Inneren der grünen Chromatophoren befolgt zwei verschiedene Typen. Theils werden, verstreut über den ganzen Raum des Chromatophors, isolirte Stärkekörner gebildet, theils werden zahlreiche derartige Körner, zu einer hohlkugeligen Schicht vereinigt, rings um ein Pyrenoid angelegt und zu einem sog. Amylumheerd verbunden. Beiderlei Stärkeformen finden sich bei Chromatophoren, welche Pyrenoide enthalten, gewöhnlich in demselben Chromatophor vereinigt (Fig. 5, 6); doch pflegen zumeist die vereinzelten Stärkekörner erst sehr viel später als die Stärkehüllen der Pyrenoide angelegt zu werden und in lebhaft vegetirenden Zellen überhaupt meist zu fehlen (Fig. 3, 4, 7, 13, 27), während in einigen Fällen (z. B. bei einzelnen Palmellaceen u. V.) auch umgekehrt die Stärke in den Amylumheerden erst sehr viel später und spärlicher auftritt als die vereinzelten Stärkekörner. Wo Pyrenoide überhaupt den Chromatophoren fehlen, wie bei den Characeen, da können natürlich auch nur vereinzelte Stärkekörner, keine Amylumheerde, gebildet werden.

Die Entwicklung der vereinzelten Stärkekörner lässt sich nun am besten verfolgen, wenn man frisch vegetirende grüne Fadenalgen mit flachen Chromatophoren (*Mesocarpus*, *Urospora*, *Oedogonium* u. s. w.) in Kultur nimmt. Nach kurzer Zeit treten in den bisher stärkefreien Abschnitten der Chromatophoren kleine Stärkekörnchen auf, die rasch an Grösse und Zahl zunehmen. Dieselben werden in den genannten Fällen zuerst sichtbar als kleine kugelige oder

längliche Stellen der Chromatophoren, welche das Licht stärker brechen und deshalb in der lebenden Algenzelle bei schwächerer Vergrösserung etwas intensiver gefärbt erscheinen als die umgebende Grundmasse des grüngefärbten Chromatophors. An (mittelst Pikrinsäure) gehärtetem und gefärbtem Materiale erkennt man, dass an solchen Stellen ein entsprechend geformter, meist etwas abgeflachter Körper stärker lichtbrechender Substanz der Grundmasse des Chromatophors eingelagert ist, ein Körper, der durch seine Blaufärbung mittelst Jod sich als Amylum erweist. Weitere Entwicklungsstadien zeigen dann diesen Körper allmählich dicker und grösser und durch Jod intensiver blau gefärbt, und schliesslich tritt derselbe auch in der lebenden Zelle als scharf abgegrenztes, farbloses, glänzendes Stärkekorn inmitten der grünen Chromatophoren-Substanz deutlich hervor.

Das einzelne Stärkekorn erreicht bei den meisten grünen Algen durch selbständiges Wachsthum keine sehr bedeutende Grösse und bleibt stets, so weit meine Beobachtungen reichen, in der lebenden Zelle im Inneren des Chromatophors eingeschlossen [1]). Nicht selten kommt es dabei aber vor, ebenso wie bei den Stärkekörnern der Phanerogamen, dass während des Heranwachsens mehrere seitlich benachbarte Stärkekörner zu zusammengesetzten Körnern mit einander verwachsen. — An der Stelle, wo ein solches heranwachsendes Stärkekorn dem Chromatophor eingelagert ist, verdickt sich ferner dieses Chromatophor allmählich, und diese Verdickung nimmt mehr und mehr zu, je mehr das Stärkekorn selbst sich vergrössert; diese Verdickung springt an den scheibenförmigen Chromato-

1) Allerdings ist bei „grobkörnigen" Dauerzellen die Entscheidung dieser Frage sehr schwierig, und möchte ich es deshalb dahin gestellt lassen, ob nicht dennoch zuweilen (wie so vielfach bei Phanerogamen) in solchen Zellen die heranwachsenden Stärkekörner die umhüllende Chromatophorenschicht durchbrechen und in das Protoplasma der Zelle hervortreten. Bisher habe ich jedoch ein solches Verhalten der Stärkekörner noch in keinem einzigen Falle bestimmt zu constatiren vermocht.

phoren bald auf beiden Seiten, bald nur auf einer Seite mehr oder minder weit vor. Rings um die heranwachsenden Stärkekörner aber erscheint nicht selten die unmittelbar angrenzende Substanz der Chromatophoren ein wenig verdichtet, doch setzt sich die dadurch gebildete Hüllschicht gegen die übrige Masse des Chromatophors meist nur sehr unvollkommen ab.

Auf die mancherlei Verschiedenheiten, welche die Stärkekörner der verschiedenen Algen im Einzelnen darbieten, soll hier nicht näher eingegangen werden. Nur einige wenige Einzelheiten seien hier noch besonders hervorgehoben.

So findet man häufig in älteren Zellen oder Dauerzellen von Siphonocladaceen, dass die einzelnen Stärkekörnchen sehr stark sich verdicken und dabei fast die ganze Substanzmasse der kleinen scheibenförmigen Chromatophoren, worin sie eingeschlossen sind, verbrauchen. Rings um das einzelne Stärkekorn wird die Masse der grünen Chromatophoren-Substanz immer geringer und auf eine immer dünnere Schicht reducirt, und schliesslich ist von dieser grünen Hüllsubstanz an dem einzelnen Stärkekorn gar nichts mehr zu erkennen. Das ganze Chromatophor ist bei der Stärkebildung aufgebraucht worden.

Etwas anders verlaufen diese Vorgänge bei den Stärkekörnern der Characeen. In den vegetativen Zellen dieser Algen entstehen nämlich in dem einzelnen kleinen scheibenförmigen Chromatophor zunächst mehrere sehr kleine Stärkekörnchen in unbestimmter Anzahl. Dann verschmelzen diese beim allmählichen Heranwachsen zu einer geringeren Anzahl zusammengesetzter Körner, die nun ihrerseits noch mehr oder weniger in die Dicke wachsen. In älteren Stammzellen haben sie dabei häufig fast die gesammte Substanz des Chromatophors aufgebraucht und erscheinen schliesslich in Gestalt von kleinen, vollständig farblosen Packeten zusammengewachsener Stärkekörner [1]), die nicht selten aus ihrer bisherigen Stellung innerhalb

1) Vgl. Naegeli, Stärkekörner p. 398—399; Taf. 20. Fig. 3—7, 10.

der wandständigen Chlorophyllschicht heraustreten und in dem strömenden Protoplasma des Zellinneren umhertreiben [1]).

Einer besonderen Erwähnung aber bedürfen noch die Stärkekörner im Inneren der Sporen der Characeen. Die junge Centralzelle der Sporenknospe zeigt hier, wie schon oben erwähnt, in mehr oder minder lockerer wandständiger Schicht zahlreiche farblose Chromatophoren, welche nur äusserst schwierig zu unterscheiden sind. In diesen Chromatophoren beginnt dann zunächst die Bildung der Stärkekörner. So sah ich deutlich bei *Nitella translucens* in einer ziemlich geschlossenen wandständigen Schicht vollständig farbloser Chromatophoren, die kaum durch ihre homogenere Beschaffenheit von dem punktirten umgebenden Protoplasma sich abhoben, kleine Stärkekörnchen einzeln oder zu zwei im Inneren eines jeden Chromatophors angelegt. Dann wachsen diese Stärkekörnchen beträchtlich heran und gestalten sich zu grossen, linsenförmigen Körnern von vollständig kreisförmigem Umriss und mit sehr deutlicher concentrischer Schichtung, welche durch den ganzen Innenraum der Eizelle sich verbreiten. Nur geringe Mengen von Plasma füllen die Zwischenräume zwischen diesen Stärkekörnern aus. In diesem Plasma aber entstehen darauf noch sehr zahreiche kleine, unregelmässig eckige Stärkekörchen, sodass die befruchtungsreife Eizelle fast vollständig bis auf eine kleine stärkefreie Stelle am Vorderende, den sog. Empfängnissfleck, von Stärkekörnern ausgefüllt ist, zwischen denen im unteren Theile der Zelle der unförmlich zusammengedrückte Zellkern eingeschlossen liegt. In welcher Weise jedoch

1) An Pikrinmaterial sah ich ferner nicht selten in älteren Zellen die Stärkekörner einzeln aus der aufgesprengten Hülle der Chromatophoren hervorgetreten, ähnlich wie dies bei Phanerogamen so vielfach im normalen Laufe der Entwicklung zu geschehen pflegt. Doch habe ich diese Vorgänge an lebenden Zellen bisher noch nicht constatiren können und muss deshalb annehmen, dass in jenen Präparaten ein schwaches Aufquellen der Stärke infolge der Einwirkung der Pikrinsäure das Hervortreten derselben aus den gesprengten Chromatophoren herbeigeführt hat.

hier die Chromatophoren bei dieser massenhaften Bildung von Stärkekörnern mitwirken, das liess sich im Einzelnen bei der schwierigen Erkennbarkeit, die denselben bereits vor dem ersten Auftreten von Stärkekörnchen eigen ist, nicht näher feststellen, und musste ich mich damit begnügen, nachgewiesen zu haben, dass auch hier die erste Entstehung der Stärkekörner, ebenso wie in den vegetativen Zellen der Characeen, von den Chromatophoren ausgeht. —

Etwas complicirter als die Entwicklung der einzelnen Stärkekörnchen erscheint nun auf den ersten Blick die Bildung der Stärke in den Amylumheerden, die wegen ihrer unmittelbaren Beziehung zu den Pyrenoiden bereits oben eingehender besprochen worden ist. Allein wenn man die obige Darstellung mit den vorstehenden Angaben näher vergleicht, so zeigt sich, dass die Entwicklung der Stärkekörnchen, die zu der hohlkugeligen Schicht der Stärkehüllen znsammenschliessen, im Wesentlichen ganz ebenso verläuft wie die Entwicklung der isolirten Stärkekörner. Nur vollzieht sich in diesen Stärkehüllen der Amylumheerde viel häufiger als bei den isolirten Stärkekörnern ein Verwachsen mehrerer Körnchen zu zusammengesetzten Körnern, die zuweilen, wie z. B. in alten Kulturen von *Spirogyra* oder *Oedogonium*, eine recht ansehnliche Dicke erlangen können.

Zuweilen wiederholt sich auch bei diesen Stärkekörnern der Amylumheerde derselbe Vorgang, der soeben für die isolirten Stärkekörner beschrieben worden ist, dass nämlich bei ihrem Wachsthum die gesammte Masse des umhüllenden Chromatophors aufgebraucht wird. Ich habe diesen Vorgang bei den Amylumheerden nicht selten in den älteren Zellen von Siphonocladaceen beobachtet [1]). Die grüne Hüllschicht, welche hier Anfangs den heranwachsenden Amylumheerd umschliesst, ward immer dünner und war schliesslich ganz verschwunden. Und dabei war dann in der Regel eine Zusammensetzung der hohlkuge-

---

1) Schmitz, Vielkernige Zellen der Siphonocladiaceen p. 4. Anm.; p. 20.

ligen Stärkeschicht aus mehreren Stücken gar nicht mehr zu erkennen, die gesammte Menge der Stärkekörner war vielmehr zu einer zusammenhängenden Hohlkugel aus Stärke, bisweilen (*Cladophora* sp.) auch zu zwei unsymmetrischen Halbkugeln, zusammengewachsen.

Die vorstehende Beschreibung der Entwicklung der Stärkekörner geht auf die Frage der Entstehung derselben nicht näher ein, da eine genauere Erörterung dieser Frage hier viel zu weit führen würde. Es sei jedoch hier noch in Kürze darauf hingewiesen, dass ich im Anschluss an meine Theorie von der Entstehung und dem Wachsthum der pflanzlichen Zellmembran (Sitzungsb. d. niederrh. Ges. f. Natur- und Heilkunde zu Bonn. 1880 (Sitzung am 6. Dezb.) p. 250 ff.) vollständig der Theorie beistimme, die Strasburger jüngst in seinem Werke „Ueber den Bau und das Wachsthum der Zellhäute" (1882) über Entstehung und Wachsthum der Stärkekörner entwickelt hat. Darnach entstehen die Stärkekörner durch Umwandlung eines kleinen Abschnittes der Chromatophoren-Substanz in Stärkesubstanz und vergrössern sich dadurch, dass diese Umwandlung in den angrenzenden Schichten der Chromatophoren-Substanz fort und fort sich wiederholt, die neugebildete Stärkesubstanz aber dem bereits vorhandenen Kerne fort und fort aussen sich auflagert.

Bei dieser fortdauernden Umwandlung nimmt die neugebildete Stärkesubstanz stets einen etwas grösseren Raum ein als die entsprechende Chromatophoren-Substanz zuvor ausgefüllt hatte. Dadurch wird die angrenzende Substanzlage des Chromatophors naturgemäss ein wenig zur Seite gedrängt, und dürfte dadurch wohl zum Theil die Bildung der verdichteten Hüllschicht rings um die Stärkekörner und Amylumheerde veranlasst werden. Ausserdem aber wird dadurch auch erklärlich, dass den heranwachsenden Stärkekörnern und Amylumheerden eine stets zunehmende Verdickung der scheibenförmigen Chromatophoren entspricht, eine Verdickung, die bei den Amylumheerden (z. B. bei *Spi-*

rogyra und *Pleurotaenium*) oft ziemlich beträchtlich über die Fläche des Chromatophors vorspringt (vgl. Fig. 14).

Bei dieser Theorie von Bau und Wachsthum der Stärkekörner bleibt ferner die Frage gänzlich unberührt, ob die Substanz der Stärkekörner selbst in amorphem oder krystallinischem oder in organisirtem Zustande sei. Diese Theorie behauptet vielmehr nur, dass beim Wachsthum des Stärkekorns wiederholt eine Umwandlung von Chromatophoren- (resp. Protoplasma-) Substanz in Stärkesubstanz stattfinde, welch letztere dann jedesmal in Form einer dünnen neuen Schicht dem vorhandenen Korne sich auflagere. In dieser Schicht könnte die Stärkesubstanz dann ebensowohl amorph sein, als auch krystallinisch (sodass das ganze Stärkekorn in der That eine Art Sphärokrystall darstellte, wie Schimper [Bot. Zeit. 1881. p. 226] behauptet hat), als auch endlich organisirt (mag man diesen letzteren Zustand nun nach Naegeli's oder Strasburger's Molekulartheorie sich näher zu veranschaulichen suchen). Eine eingehende Erörterung dieser Frage würde jedoch hier viel zu weit führen.

Bei allen bisher besprochenen Algen werden Stärkekörner ausschliesslich im Inneren der Chromatophoren, niemals im Protoplasma der Zelle selbst, angelegt. Ganz andere Vorgänge finden nun bei den übrigen Algen statt.

Zunächst werden bei sämmtlichen Florideen (Fig. 25) stärkeartige Körner gebildet, welche im Protoplasma der Zelle selbst, nicht im Inneren der Chromatophoren entstehen. Allein ihre Bildung erfolgt in allen den zahlreichen Fällen, die ich näher untersuchen konnte [1]), stets nur in

1) Ich habe mich vielfach bemüht, die erste Entstehung dieser stärkeartigen Körner bei den Florideen genau zu ermitteln und ihre Ausbildung im Protoplasma sicher festzustellen. Bei ihrem ersten Sichtbarwerden erscheinen diese Gebilde als kleine gerundete Körnchen von rundlicher oder etwas länglicher Gestalt. Solche Körnchen sieht man in der lebenden Zelle vielfach zunächst dem Rande der scheibenförmigen Chromatophoren dem Protoplasma eingebettet, deutlich



der unmittelbaren Nachbarschaft der Chromatophoren, längs der Fläche oder neben der schmalen Kante der scheibenförmig abgeflachten Platten und Bänder. Wenn also diese stärkeartigen Körner auch nicht im Inneren der Chromatophoren gebildet werden, so entstehen sie doch überall nur unter dem direkten Einfluss und unter der Mitwirkung dieser Chromatophoren: es scheint fast, als würde von den Chromatophoren irgend eine gelöste Substanz ausgeschieden und von dem nächst angrenzenden Protoplasma aufgenommen, das nun seinerseits sofort an dieser Stelle die stärkeartigen Körner erzeugt. — Ihrer

und zweifellos ohne jeden unmittelbaren Zusammenhang mit dem Chromatophor. Daneben aber findet man häufig in den Chromatophoren selbst, und zwar zumeist am Rande derselben, kleine knotig verdickte Stellen von analoger Gestalt wie jene Körnchen, welche durch stärkere Lichtbrechung besonders hervortreten. Diese verdickten Stellen entsprechen jedenfalls den erwähnten kleinen Körnchen, doch ist die Entscheidung über die Art des Zusammenhangs, der zwischen beiderlei Gebilden obwaltet, eine sehr schwierige.

Es läge zunächst nahe, anzunehmen, dass diese Körnchen zuerst im Inneren der Chromatophoren angelegt werden und in Form jener Verdickungen sichtbar hervortreten, um dann während des Heranwachsens aus der Oberfläche der Chromatophoren hervorzubrechen und im umgebenden Protoplasma weiterzuwachsen. Es würde diese Entwicklungsweise ja bei den Stärkekörnern der Gefässpflanzen sehr zahlreiche Analogien finden. Allein trotz allen Suchens habe ich niemals eine Andeutung eines solchen Hervorbrechens der kleinen Körnchen, noch irgend eine Rissstelle am Rande der Chromatophoren wahrzunehmen vermocht. Dagegen ist es mir öfters gelungen, in Fällen, wo ich zuerst eine solche Verdickung des Chromatophors zu erkennen glaubte, nachträglich mich zu überzeugen, dass hier in Wirklichkeit keine Verdickung vorlag, sondern eines jener freiliegenden Körnchen durch das darüberliegende, unmittelbar angrenzende Chromatophor durchschimmerte. Wenn es mir nun auch nicht in allen Fällen gelungen ist, jene vermeintlichen Verdickungen mit Sicherheit in ebenderselben Weise zu erklären, so habe ich doch auch in keinem Falle mich zu überzeugen vermocht, dass diese Deutung thatsächlich unmöglich sei. Dazu habe ich, wie gesagt, niemals eine Rissstelle am Rande der Chromatophoren aufzufinden vermocht. Alle diese Momente zusammen aber zwingen, wie mir scheint, zu der oben entwickelten Auffassung.

ganzen Gestalt und Beschaffenheit nach erinnern diese Körner sehr an ächte Stärkekörner, allein sie unterscheiden sich doch von denselben durch einzelne Merkmale, namentlich durch die abweichende Färbung, welche sie bei Zusatz von Jod annehmen. Anstatt blau, wie die Stärkekörner der Phanerogamen, werden nämlich diese Körner der Florideen in verschiedener Abstufung gelbbraun bis braunroth gefärbt. Man hat dieselben deshalb von den ächten Stärkekörnern der Phanerogamen als Florideen-Stärke unterschieden [1]).

Diese Körner, zuerst in der unmittelbaren Nachbarschaft der Chromatophoren angelegt, wachsen allmählich heran (anscheinend, wie die ächten Stärkekörner, durch fortgesetzte Apposition neuer Substanz an ihrer Aussenfläche) und werden durch die Bewegungen des Protoplasmas, dem sie stets eingebettet bleiben, im ganzen Innenraum der Zelle vertheilt [2]). Ihre Menge ist dabei eine

1) Nachdem schon Kützing (Phycologia generalis p. 40—41) und Naegeli (Stärkekörner p. 532—533) einige Angaben über diese Stärkekörner der Florideen gemacht hatten, hat sich zuerst Van Tieghem (Comptes rendus des séances de l'acad. d. sc. de Paris. 1865. p. 804 ff. und Ann. sc. nat. bot. 5 sér. t. 4. p. 315—319) etwas eingehender mit dem Studium der Florideen-Stärke beschäftigt und ihr Vorkommen bei zahlreichen Florideen (mehr als 30 Arten aus 25 Gattungen) constatirt, ohne auf die Entwicklung derselben näher einzugehen. Bald darauf hat dann Rosanoff (Annales d. scienc. nat. bot. 5 sér. t. 4. p. 320—323) in seiner Mittheilung über das rothe Pigment der Florideen einige weitere Angaben über die Florideen-Stärke gemacht und namentlich hervorgehoben, dass diese Stärkekörner in der Florideen-Zelle zwischen den Farbstoffkörpern vertheilt, niemals aber im Inneren dieser Farbstoffkörper eingeschlossen seien.

2) Dabei geschieht es nicht selten, dass beim ersten Auftreten der Stärke zahlreiche kleine Stärkekörnchen rings um den Zellkern zu einer mehr oder minder geschlossenen hohlkugeligen Schicht sich anhäufen, sodass dieser ganz den Anblick eines Amylumheerdes gewährt (Thalluszellen von *Cruoria pellita*, *Helminthocladia purpurea*, ältere Zellen von *Batrachospermum moniliforme* [Fig. 25], Zellen der Nemathecien-Fäden von *Polyides rotundus*). Oder sollten etwa auch rings um den Zellkern im Protoplasma Stärkekörnchen entstehen, ebenso wie solche in unmittelbarer Nachbarschaft der Chromatophoren erzeugt werden?

sehr wechselnde; nicht selten erscheinen ältere Zellen ausdauernder Arten von Florideen fast vollständig vollgepfropft von grösseren oder kleineren Stärkekörnern, während sie in den Zellen anderer Arten zuweilen vollständig fehlen. Sie stellen, ebenso wie die ächten Stärkekörner der grünen Algen, aufgespeicherte Reservestoffe dar.

Eine ganz eigenthümliche Vertheilung zeigen diese Körner der Florideen-Stärke bei ihrem ersten Auftreten in den Zellen der Nemalieen (*Nemalion*, *Helminthocladia* u. a.). Diese Zellen besitzen, wie oben erwähnt, je ein unsymmetrisch geformtes, sternförmiges Chromatophor, von dessen kugeligem Mittelstück zahlreiche, schmal bandförmige Fortsätze allseitig ausstrahlen. Rings um dieses kugelige Mittelstück entstehen nun zunächst im unmittelbar angrenzenden Protoplasma die ersten Körnchen von Florideen-Stärke, zu einer hohlkugeligen Schicht regelmässig angeordnet (Fig. 12). Da aber jenes Mittelstück ein ziemlich dickes kugeliges Pyrenoid einschliesst und dieses nur mit einer dünnen farbigen Hülle umkleidet, so muss dadurch jene hohlkugelige Schicht von Stärkekörnchen (die nur durch jene Fortsätze des Mittelstückes in ihrer Continuität unterbrochen ist) sehr nahe an das kugelige Pyrenoid herangerückt werden und so der Anschein entstehen, als ob hier ein regelmässiger Amylumheerd wie bei den grünen Algen vorhanden sei. Allein eine genauere Untersuchung lässt leicht den richtigen Zusammenhang erkennen, namentlich sobald die Menge der Stärkekörnchen in der Zelle zunimmt und sich auch an den Rändern und Kanten jener Fortsätze des Chromatophors Stärkekörnchen in grösserer Anzahl bilden.

An diese Florideen-Stärke reiht sich dann eine ganz analoge Bildung an, die bei den Phaeophyceen (Ectocarpeen, Laminarieen, Dictyotaceen u. s. w.) ziemlich weit verbreitet ist. Es treten auch hier in ganz derselben Weise wie bei den Florideen längs der Aussenfläche der Chromatophoren kleinere oder grössere glänzende Körnchen auf, die unverkennbar unter dem Einfluss dieser Chromatophoren

in dem unmittelbar angrenzenden Protoplasma angelegt und erst nachträglich durch die Bewegungen des Protoplasmas in der ganzen Zelle umhergeführt werden. Diese Körnchen sind ebensowenig wie die Florideen-Stärke in Wasser oder Alkohol löslich, verhalten sich überhaupt gegen verschiedene Lösungsmittel ganz analog wie jene; sie werden jedoch durch Jodlösung ganz und gar nicht gefärbt und unterscheiden sich dadurch wesentlich von den ächten Stärkekörnern.

Im übrigen nehmen sie wie die Körnchen der Florideen-Stärke in der lebenden Zelle allmählich an Grösse zu, lassen jedoch, soweit ich sehen konnte, niemals im Inneren eine deutliche concentrische Schichtung wahrnehmen. In jüngeren Zellen von Phaeophyceen werden diese Körnchen vereinzelt an den Rändern oder auf der Fläche der scheibenförmigen Chromatophoren (oft von denselben verdeckt und infolgedessen scheinbar in ihrem Inneren eingeschlossen) sichtbar; in älteren Zellen sind sie meist reichlicher vorhanden, theils ebenfalls in unmittelbarer Nähe der Chromatophoren, theils im Protoplasma der Zellen vertheilt. Doch habe ich sie niemals in so grosser Menge wie die Florideen-Stärke in den Zellen angehäuft angetroffen. — Wegen ihrer Analogie mit der Florideen-Stärke aber seien diese Körner hier einstweilen mit dem Namen der Phaeophyceen-Stärke bezeichnet [1]).

Eine ganz analoge Stärkeform kommt fernerhin den Euglenen und Verwandten zu und wird hier seit längerer

1) Diese Körner der Phaeophyceen-Stärke sind wohl zu unterscheiden von den mattglänzenden, hyalinen Tröpfchen, welche im Protoplasma der meisten Phaeophyceen in mehr oder minder grosser Menge vorhanden sind. Diese Tröpfchen fliessen beim Absterben der Zelle in süssem Wasser oder in Jod-Jodkalium oder in anderen Reagentien zusammen und verquellen, lösen sich in Spiritus vollständig auf und verschwinden bei Einwirkung von Pikrinsäure vollständig, während die Körnchen der Phaeophyceen-Stärke in allen diesen Reagentien erhalten bleiben.

Zeit als Paramylon bezeichnet. Ich habe diese Stärkekörner bei *Euglena viridis* (Fig. 19) und *E. oxyuris* (Fig. 20) näher untersucht und finde dieselben hier in Gestalt kleinerer oder grösserer, ovaler bis schmal länglicher, stark abgeflachter Körner ohne erkennbare Schichtung, doch mit deutlich geringerer Dichte der Substanz in der Mitte des Korns. Diese Körner entstehen wie bei den Florideen und Phaeophyceen ausserhalb der Chromatophoren längs der Aussenfläche derselben in Gestalt kleiner Körnchen, erst in geringerer, dann in grösserer Anzahl, und nehmen allmählich an Grösse zu. Die ältesten derselben entstehen rings um das kugelige Mittelstück der sternförmigen Chromatophoren in einfacher, lockerer, hohlkugeliger Schicht; späterhin treten dann auch längs der Fortsätze des Chromatophors derartige Körner in immer reichlicherer Menge auf, und schliesslich werden diese Körner auch in andere, entferntere Theile der ganzen Zelle hingeführt. Dieselben werden durch Jod gar nicht gefärbt und sind eben deshalb als Paramylonkörner von den ächten Stärkekörnern unterschieden worden [1]).

Die erstgebildeten Paramylonkörner der Euglenen häufen sich somit in ganz analoger Weise wie bei den Nemalieen rings um das Mittelstück des sternförmigen Chromatophors zu einer hohlkugeligen Schicht an, welche von den ausstrahlenden Fortsätzen des Chromatophors durchsetzt wird. Dieses Mittelstück selbst enthält ein ziemlich dickes, farbloses Pyrenoid, das nur von einer dünnen Schicht von grün gefärbter Chromatophoren-Substanz eingehüllt wird. Liegt nun, wie dies bei *E. oxyuris* meist, bei *E. viridis* seltener der Fall ist, die hohlkugelige Paramylonschicht, ringsum ziemlich dicht geschlossen,

---

1) Diesen Körnern der Florideen- und Phaeophyceen-Stärke und des Paramylons scheinen sich die Stärkekörner von ***Phyllosiphon Arisari*** anzureihen (vgl. meinen Aufsatz in der Botanischen Zeitung 1882. p. 541—542, 567—569). Allein die Schwierigkeiten, welche die Chromatophoren dieser Alge bisher einem deutlichen Erkennen entgegensetzen, erlauben bis jetzt noch nicht, über das Entstehen dieser Stärkekörner im Inneren der Chromatophoren oder im umgebenden Protoplasma irgend etwas bestimmtes auszusagen.

dem kugeligen Mittelstück des Chromatophors unmittelbar an, so entsteht dadurch der Anschein eines ächten Amylumheerdes. Allein eine wiederholte sorgfältige Prüfung hat mir gezeigt, dass diese Pseudo-Amylumheerde der Euglenen in ganz anderer Weise zu Stande kommen wie die Amylumheerde der übrigen grünen Algen, dass hier die Körnchen der Paramylonschicht nicht im Inneren der Chromatophoren-Substanz, dem Pyrenoid unmittelbar angrenzend, entstehen, sondern dass sie ausserhalb des Chromatophors im umgebenden Protoplasma ausgebildet werden [1]).

Nicht selten kommt es ferner bei *E. viridis* vor, dass die Körnchen dieser hohlkugeligen Schicht sehr unregelmässig gruppirt sind. Die normale Anordnung derselben

---

1) Die sichere Entscheidung dieser Frage ist bei den Euglenen äusserst schwierig, da die zahlreichen dicht zusammengedrängten Fortsätze des Chromatophors nur sehr selten deutlich erkennen lassen, ob die einzelnen Paramylonkörner der grüngefärbten Chromatophoren-Substanz eingebettet oder in den Zwischenräumen der einzelnen Fortsätze des Chromatophors dem hyalinen Protoplasma eingelagert sind. Nur an den farblosen Enden der Zelle lässt sich leicht feststellen, dass sowohl kleinere, als auch grössere Paramylonkörnchen unmittelbar im hyalinen Protoplasma eingebettet sind. In dem grünen mittleren Theile der Zelle dagegen ist die Entscheidung äusserst schwierig. Auf Grund wiederholter Beobachtungen glaube ich jedoch bestimmt behaupten zu dürfen, dass die Paramylonkörner stets ausserhalb der Chromatophoren-Substanz in dem hyalinen Protoplasma der *Euglena*-Zelle eingebettet sind, mögen nun diese Körnchen einzeln in der Zelle verstreut oder rings um das kugelige Mittelstück des Chromatophors zu einer hohlkugeligen Schicht angeordnet sein.

Zur Feststellung dieser Thatsache bedarf es jedoch neben der Untersuchung lebender Individuen von *Euglena* auch noch der sorgfältigen Prüfung gut gehärteten und gefärbten Materiales. Gut gehärtetes Material von Euglenen zu gewinnen, ist jedoch weit schwieriger als bei den meisten übrigen Algen, offenbar weil die Hautschicht der membranlosen, beweglichen Zellen das härtende Reagens nicht schnell genug nach innen durchdringen lässt. Ich selbst habe das beste gehärtete Material dadurch erhalten, dass ich lebende Euglenen mit concentrirter Lösung von Jod in Wasser (ein Härtungsmittel, worauf mich H. Dr. Berthold in Göttingen aufmerksam gemacht hatte) behandelte.

in einfacher hohlkugeliger Schicht wird alsdann undeutlich oder selbst ganz unkenntlich. Namentlich ist dies der Fall, wenn gleichzeitig noch mehr oder minder zahlreiche Paramylonkörner in den übrigen Theilen der Zelle vertheilt sind. Dann ist oft von der Ausbildung eines Pseudo-Amylumheerdes gar nichts zu erkennen, zumal auch bei *E. viridis* die Pyrenoiden der Chromatophoren nur zuweilen durch stärkere Lichtbrechung von der umgebenden Substanz des Chromatophors sich deutlich abheben.

Allein auch bei *E. oxyuris*, deren Zellen stets zwei oder mehr sternförmige Chromatophoren (in eine Reihe hinter einander geordnet, mit centraler Stellung des Zellkerns wie bei *Zygnema*) mit sehr deutlich hervortretenden Pyrenoiden enthalten (Fig. 20), macht zuweilen die Anhäufung zahlreicher Paramylonkörner in allen Theilen der Zelle die Pseudo-Amylumheerde sehr undeutlich und schwierig erkennbar, während dieselben in Zellen, die nur wenige Paramylonkörner enthalten, gewöhnlich sehr deutlich hervortreten, auch wenn die Körnchen der Paramylonschicht nur wenig regelmässig angeordnet sind [1]).

---

1) In solchen körnerarmen Zellen von *Euglena oxyuris*, in denen die Pseudo-Amylumheerde deutlich hervortreten, sind dieselben auch bereits wiederholt beobachtet und z. B. von Stein (Organismus der Infusionsthiere III. Abth. Taf. 20. Fig. 4) abgebildet worden. Stein deutet jedoch die Organisation dieser Amylumheerde in ganz anderer Weise. Er hält dieselben nämlich für einzelne „grosse Paramylonkörner“ mit weiter „Centralhöhle“, die „augenscheinlich mit weicherer Substanz erfüllt“ ist (p. 146), und spricht die Vermuthung aus, dass dieselben „mit der Zeit in kleinere“ Paramylonkörner zerfallen, da er in anderen Individuen von *E. oxyuris* „statt der gewöhnlichen zwei grossen Paramylonkörper mit Centralhöhle eine grössere Anzahl kleinerer, ganz homogener, stabförmiger“ (oder, wie er an anderer Stelle [Figuren-Erklärung zu Taf. 20. Fig. 5] sagt, seifenstückartiger) „Paramylonkörper“ antraf. Aus den Abbildungen Stein's (l. c. Fig. 4—5) muss ich entnehmen, dass ihm ganz dieselben Gebilde vorgelegen haben, die ich oben beschreibe; bei diesen letzteren aber fand sich entschieden eine ganz andere Organisation, als Stein angiebt. In den körnerreichen Individuen von *E. oxyuris* aber fand ich die Pseudo-Amylumheerde keineswegs, wie Stein annimmt, zertheilt und verschwunden, sondern nur verdeckt und weniger leicht erkennbar als in den körnerarmen Zellen.

Bei anderen Arten von *Euglena* und den nächstverwandten Gattungen finden sich den vorliegenden Angaben zufolge ebenfalls Paramylonkörner in grösserer oder geringerer Anzahl, doch liegen über die Art und Weise ihrer Ausbildung bisher keine genaueren Angaben vor. Gleichwohl glaube ich aus den vorliegenden Abbildungen[1]) entnehmen zu dürfen, dass überall die Organisation der Paramylonkörner die gleiche sei wie bei den näher untersuchten Arten *E. viridis* und *E. oxyuris*. Doch wird erst ein genaueres Studium dieser Organismen, die ich bisher noch nicht lebend angetroffen habe, die vorliegende Frage bestimmt entscheiden können.

Die letztbesprochene Stärkeform bildet das Endglied einer Reihe von geformten Produkten der Chromatophoren, die eine grosse morphologische Analogie aufweisen und auch in ihren bisher untersuchten chemischen Reaktionen mancherlei Uebereinstimmung zeigen [2]). Sie dürften auch wohl sämmtlich in analoger Weise durch lokale Umwandlung von plasmatischer Substanz entstehen und in übereinstimmender Weise durch Apposition von aussen sich vergrössern.

In ihrer ersten Entstehung sind sie gleichmässig von den Chromatophoren abhängig. Allein während die ächten

---

1) So zeigen z. B. die bereits citirten Abbildungen bei Stein (Org. d. Inf. III. Taf. 19—21) theils zahlreiche zerstreute, längliche bis stabförmige Paramylonkörner (*Euglena acus* Taf. 20. Fig. 10—13 und Taf. 21. Fig. 12—13, *E. deses* Taf. 20. Fig. 14—16 und Taf. 21. Fig. 14—15) in den einzelnen Zellen, theils ein oder zwei „grosse Paramylonkörper" derselben Art wie bei *E. oxyuris* (*Phacus pleuronectes* Taf. 19. Fig. 58, 59 u. 66, *Ph. longicaudus* Taf. 20. Fig. 1—2, *Euglena spirogyra* Taf. 20. Fig. 6—9). Ich glaube nicht zu irren, wenn ich annehme, dass diesen Organismen eine ganz analoge Organisation der einzelnen Zelle zukommt wie den beiden näher untersuchten Arten von *Euglena*.

2) Ueber die specielle chemische Natur der Florideen- und Phaeophyceen-Stärke und ihr Verhältniss zu der Stärke der chlorophyllgrünen Pflanzen liegen zur Zeit noch keine genügenden chemischen Untersuchungen vor.

Amylumkörner bei den Algen stets [1]) nur im Inneren der Chromatophoren angelegt werden und anscheinend auch stets im Inneren derselben zu ihrer definitiven Grösse heranwachsen, entstehen die Körner der Florideen- und Phaeophyceen-Stärke und des Paramylons stets nur ausserhalb der Chromatophoren im Protoplasma selbst und zwar stets nur in denjenigen Theilen des Protoplasmas, welche den Chromatophoren unmittelbar angrenzen, während ihr ferneres Dickenwachsthum bald ebenfalls in unmittelbarer Nähe der Chromatophoren, bald auch, wie es scheint, in entlegeneren Theilen des Protoplasmas sich vollzieht. So muss (der obigen Theorie der Stärkebildung zufolge) in diesen verschiedenen Fällen die Stärkesubstanz aus verschiedenen Substanzen ihren Ursprung nehmen. In dem einen Falle nämlich muss sie durch Umwandlung der Grundsubstanz der Chromatophoren entstehen, im anderen Falle dagegen durch Umwandlung der Substanz des Protoplasmas selbst. Doch dürfte dieser Umstand bei der grossen Analogie, die auch sonst zwischen der Grundsubstanz der Chromatophoren und der Substanz des Protoplasmas obwaltet, wohl kaum als ein Grund gegen die genannte Theorie der Stärkebildung angesehen werden können.

Den bisher besprochenen festen Produkten der Chromatophoren gegenüber finden sich nun bei einer Anzahl von Chlorophyceen (z. B. bei *Vaucheria* [2]), *Microspora*) an Stelle jener Stärkekörner grössere oder kleinere, glänzende,

1) Es sei hier ausdrücklich noch einmal hervorgehoben, dass ich bei den Algen eine Bildung ächter Stärkekörner ausserhalb der Chromatophoren niemals zu constatiren vermochte. Ja selbst in den Eizellen der Characeen, die ich längere Zeit hindurch als Beispiel für eine Entstehung der ächten Stärkekörner unabhängig von Chromatophoren glaubte anführen zu können, habe ich schliesslich die erste Anlage der grösseren Stärkekörner im Inneren der (allerdings äusserst schwierig erkennbaren) Chromatophoren sich vollziehen sehen.

2) Nach Walz (Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. V. p. 129) besitzen dagegen *Vaucheria tuberosa* A. Br. und *V. sericea* Lyngb. ächte Stärkekörner.

kugelige, zähflüssige Tropfen, welche in Alkohol oder Aether auflöslich sind. Dieselben entstehen ganz in derselben Weise wie jene Stärkekörner der Florideen und Phaeophyceen nächst dem Rande der Chromatophoren im angrenzenden Protoplasma. Sie werden auch, wenigstens bei *Vaucheria*, hinsichtlich ihrer biologischen Bedeutung für die Pflanze allgemein als Ersatz der fehlenden Stärkekörner angesprochen. Allein wegen ihrer Löslichkeit in Alkohol oder Aether stellt man dieselben als Oeltropfen den Stärkekörnern gegenüber. Es möchte sich jedoch fragen, ob nicht zweckmässiger die oben erwähnte Reihe von analogen Produkten der Chromatophoren in einer solchen Weise zu erweitern wäre, dass darin auch ein Glied Aufnahme finden könnte, welches eine zähflüssige, in Alkohol oder Aether lösliche Substanz darstellt, ähnlich wie ja auch die Reihe der Aleuronkörner lösliche und unlösliche Glieder umfasst. Der Entstehungsort jener Oeltropfen und ihr gesammtes morphologisches Verhalten schliesst dieselben so enge den Körnern der Florideen- und Phaeophyceen-Stärke an, dass eine solche Zusammenstellung wohl gerechtfertigt sein dürfte [1]. —

Fettartig glänzende Körner oder Tropfen, die mehr oder weniger in Alkohol und Aether oder anderen Lösungs-

1) Consequenter Weise muss dann auch die Theorie der Entstehung der Stärkekörner durch Umwandlung von plasmatischer Substanz auf diese Oeltropfen von *Vaucheria* übertragen werden. Vor dieser Consequenz, die zunächst wohl allzu kühn erscheinen möchte, schrecke ich selbst keineswegs zurück, da ich nicht nur vielfach durch direkte Beobachtung feststellen konnte, dass in den Schleimzellen im Gewebe der Monokotylen der Schleim durch direkte Umwandlung des Protoplasmas entsteht (man kann hier oft in der einzelnen Zelle die allmähliche Umwandlung des Protoplasmas in Schleim von der Mitte der Zelle gegen die Peripherie hin verfolgen), sondern auch bei der Untersuchung heranreifender Pilzsporen mich wiederholt zu der Annahme gezwungen sah, dass hier die homogenen, glänzenden Substanzmassen, die allgemein als Oel- oder Fetttropfen angesprochen werden, durch Umwandlung von punktirtem Protoplasma entstehen. Doch würde hier ein näheres Eingehen auf diese Fragen viel zu weit führen.

mitteln löslich sind, treten nun vielfach noch in anderer Gestalt, zum Theil neben Stärkekörnern, in den Algenzellen auf, ihrer Entstehung nach deutlich abhängig von den Chromatophoren. Das ist zunächst ganz allgemein der Fall bei grünen Algen, die einige Zeit unter ungünstigen Verhältnissen (z. B. im Zimmer) kultivirt werden. Hier finden sich zunächst längs der Kanten der abgeflachten Chromatophoren, dann auch längs der Fläche derselben regelmässig kleine und grössere glänzende, hyaline Körnchen oder Tröpfchen ein, die an Menge zuweilen sehr zahlreich werden und sich allmälich auch in anderen Theilen der Zelle im Protoplasma ausbreiten. Pringsheim hat ihr Vorkommen bereits für *Mesocarpus scalaris* (Fig. 3) beschrieben und dieselben hier als Gerbstoffbläschen bezeichnet [1]). — Dann treten bei einzelnen grünen Algen (z. B. bei *Spirogyra*, *Zygnema* u. a.) grössere glänzende Tropfen von anderer Lichtbrechung in unmittelbarer Nähe der stärkeführenden Chromatophoren und unverkennbar unter der Einwirkung derselben im Protoplasma auf, Tropfen, die wegen ihrer Löslichkeit in Alkohol oder Aether als Oel oder Fett bezeichnet zu werden pflegen. Sie finden sich gewöhnlich nur an Individuen, die (offenbar unter dem Einfluss ungünstiger äusserer Einwirkungen) nur langsam vegetiren. Bei manchen Algen (z. B. *Zygnema*) nimmt unter dem Einfluss der ungünstigen Kulturbedingungen die Menge dieser Oel- und Fetttropfen, die stets zuerst in der Umgebung der Chromatophoren im Protoplasma entstehen und dann auch in den übrigen Theilen der Zelle im Protoplasma sich verbreiten, mehr und mehr zu und kann selbst in solchen Zellen, die in Dauerzustand überzugehen vermögen, eine recht beträchtliche Masse erreichen. Ueberall aber entstehen diese „Oel- und Fetttropfen" deutlich zuerst unter dem direkten Einfluss der Chromatophoren und vertheilen sich erst nachträglich in anderen Abschnitten des Protoplasmas. — Weniger deutlich spricht sich die Abhängigkeit von den Chromatophoren bei den grösseren oder kleineren „Oeltropfen"

1) Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Botanik XII. p. 354—355.

aus, die in langsam vegetirenden Zellen der Bacillariaceen so vielfach beobachtet werden [1]). Doch möchte die Analogie mit den zuvor besprochenen Fällen wohl auch hier für die Annahme sprechen, dass diese „Oeltropfen" unter der unmittelbaren Einwirkung der Chromatophoren angelegt werden.

Dass ebendasselbe nun auch von den sämmtlichen Oel- und Fetttropfen und Schleimkugeln, die bei der Bildung der Dauerzellen im Protoplasma entstehen und vielfach die Zelle zuletzt ganz vollstopfen, gelten sollte, möchte ich jedoch nicht behaupten. Es scheint mir im Gegentheil sehr wahrscheinlich, dass ein Theil dieser Tropfen im Protoplasma selbst ohne unmittelbare Einwirkung der Chromatophoren entsteht [2]); doch dürfte dies nur schwierig direkt zu beweisen sein. Ebenso möchte ich auch eine Entstehung im Protoplasma ohne unmittelbare Einwirkung der Chromatophoren annehmen für die schwach glänzenden, leicht löslichen, hyalinen Tröpfchen, welche (durchaus different von den Körnchen der Phaeophyceen-Stärke) oft in sehr grosser Anzahl das Protoplasma der Zellen der Phaeophyceen (Ectocarpeen, Sphacelarieen u. s. w., u. s. w.) erfüllen und diesem unter schwächeren Vergrösserungen einen so eigenthümlichen Glanz verleihen. Und ebendasselbe dürfte auch noch von manchen anderen Tropfengebilden gelten, die im Protoplasma dieser oder jener Algenformen (z. B. bei *Microdictyon* [3]), *Chondriopsis coerulescens* nach Kny [4]), *Arachnophyllum* u. a.) vereinzelt oder in Menge auftreten und ihrer chemischen Natur nach noch ganz unaufgeklärt sind.

---

1) Vgl. Lüders (Bot. Zeit. 1862. p. 42) und Pfitzer (Bau und Entwicklung der Bacillariaceen. p. 33 ff.).

2) Namentlich gilt dies von den Tröpfchen des Hämatochroms, die, wie schon Cohn (Beitr. zur Biologie II. p. 115) für *Stephanosphaera* und *Haematococcus* hervorhebt, vielfach zunächst um den Zellkern herum sich anzuhäufen pflegen.

3) Schmitz, Beobachtungen über die vielkernigen Zellen der Siphonocladiaceen p. 15.

4) L. Kny, Ueber die Morphologie von *Chondriopsis coerulescens* (Monatsb. d. k. Akad. d. W. zu Berlin. Juni 1870) p. 11 ff. d. Sep.-Abdr.

Alle jene Oel- und Fetttropfen aber, die soeben als wirkliche Produkte der Chromatophoren beschrieben worden sind, treten stets nur ausserhalb der Chromatophoren in dem umgebenden Protoplasma auf, niemals innerhalb derselben. Das gilt von allen derartigen Tropfenbildungen, die ich näher untersuchen konnte, vor allem auch von den Fetttropfen von *Spirogyra*, die nach den vorliegenden Litteratur-Angaben [1]) im Inneren der Chromatophoren ge-

---

1) Gerade für diese Fetttropfen von *Spirogyra* erwähnt noch neuerdings Pringsheim (Jahrb. für wissensch. Bot. XII. p. 354) ausdrücklich das Auftreten im Inneren der Chromatophoren. Allein gleichwohl vermag ich diesen Angaben nicht beizustimmen. Ich habe diese Fetttropfen sehr häufig bei verschiedenen Arten von *Spirogyra* beobachtet und bin Anfangs selbst der Ansicht gewesen, dass dieselben im Inneren der Chromatophoren eingeschlossen seien. Allein nachdem ich durch das Studium der Florideen- und Phäophyceen-Stärke noch besonders darauf aufmerksam geworden war, wie leicht eine Täuschung eintreten kann bei der Beurtheilung der Lagerung eines kleinen Körpers im Inneren oder unterhalb einer dünnen, ziemlich durchsichtigen Scheibe, habe ich die Lagerung dieser Fetttropfen von *Spirogyra* einer erneuten Prüfung mittelst stärkerer Vergrösserungen unterzogen und habe dabei dann constatiren müssen, dass diese Tropfen in allen Fällen, die mir vorkamen, nicht im Inneren der Chromatophoren, sondern auf der Innenseite derselben im angrenzenden Protoplasma eingeschlossen sind.

In gleicher Weise auch habe ich mich bei den „grossen hellen vakuolenartigen Räumen", die man, wie Pringsheim zuerst beschrieben hat (l. c. p. 306), an den Chlorophyllbändern kranker Spirogyren zuweilen bemerkt, und die nach seiner Annahme Oel-Vakuolen, welche im Inneren der Chlorophyllbänder entstehen, darstellen sollen, niemals überzeugen können, dass dieselben thatsächlich im Inneren der Chromatophoren eingeschlossen seien. In allen Fällen vielmehr, die ich selbst gesehen habe (und diese Fälle schlossen sich den Abbildungen Pringsheim's (l. c. Taf. 13. Fig. 13, Taf. 22. Fig. 1) vollständig an), handelte es sich um Vakuolen, die in der unmittelbaren Umgebung der Chromatophoren im hyalinen Protoplasma auftraten und bei ihrer Ausdehnung mehr oder minder weit in das Chromatophor sich hineinbohrten, die Substanz desselben lokal zur Seite drängend (l. c Taf. 13. Fig. 13); Vakuolen ganz derselben Art, wie sie in denselben erkrankten Zellen auch fern von den Chromatophoren hier und da im Protoplasma auftraten. Im Inneren der Chromatophoren selbst aber habe ich solche Vakuolen bisher noch niemals eingeschlossen gesehen.

bildet werden sollen. Bei genauer Untersuchung mittelst stärkster Vergrösserungen sah ich diese Tropfen, die ich sehr häufig bei verschiedenen Species der Gattung untersuchen konnte, stets deutlich ausserhalb (und zwar meist auf der Innenseite) der Chromatophoren im umgebenden Protoplasma liegen, niemals im Inneren der Chlorophyllbänder, obwohl bei der Untersuchung mit schwächeren Vergrösserungen kein Zweifel daran zu sein schien, dass dieselben im Inneren der Chromatophoren eingeschlossen seien. — Ebenso konnte ich mich auch bei jenen erwähnten kleinen Tröpfchen von *Mesocarpus* und anderen grünen Algen überzeugen, dass dieselben stets dem Protoplasma eingelagert seien, nicht aber den Chromatophoren selbst[1]), wofür der erste Anschein vielfach zu sprechen schien. — Soweit meine bisherigen Untersuchungen reichen, vermag ich somit noch keinen einzigen Fall namhaft zu machen, dass bei den Algen im Inneren lebender Chromatophoren Oeltropfen gebildet würden, und muss ich somit bis jetzt trotz aller entgegenstehenden Angaben der Litteratur das Vorkommen von Oeltropfen im Inneren der Chromatophoren für die Algen[2]) allgemein in Abrede stellen.

Ob ausser diesen Tropfenbildungen, die ich selbst zu Gesichte bekommen habe, noch andere Bildungen ähnlicher Art, bei denen die Tropfen wirklich im Inneren der Chromatophoren eingelagert sind, bei *Spirogyra* auftreten, muss ich natürlich dahingestellt lassen. — Und ebenso muss ich es auch unentschieden lassen, ob wirklich bei den Characeen zuweilen im Inneren der Chromatophoren farblose Fetttropfen auftreten, wie Pringsheim (l. c. p. 354) behauptet: ich selbst habe derlei Bildungen ebenfalls nicht aufzufinden vermocht.

1) Ich kann somit Pringsheim's Angaben (Jahrb. f. wiss. Botanik XII. p. 354—355), wonach diese Tröpfchen „sichtlich von der Chlorophyllplatte der Zelle gebildet und secernirt" werden und darnach als besondere „mit einer resistenten Hülle versehene Bläschen" der Chlorophyllplatte aufsitzen, nicht vollständig beistimmen. Die „resistente Hülle" dieser „Bläschen" ist meiner Auffassung nach nichts anderes als die dünne Schicht von Protoplasma, welche an dieser Stelle das eingelagerte Tröpfchen nach aussen umschliesst.

2) Es dürfte nicht überflüssig sein, an dieser Stelle ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass auch für die Gefässpflanzen die Bil-

Ausser den Pyrenoiden und Stärkekörnern habe ich bisher keine anderen fest umgrenzten oder selbständig geformten Körper im Inneren der Chromatophoren der Algen aufgefunden. Die rothen Körnchen am Vorderende der Zoosporen so vieler grüner Algen und der einzelnen Zellen vieler Volvocaceen, Chlamydomonaden und Euglenen, die sog. Augenpunkte, und die ganz analogen rothbraunen Körnchen in den Zoosporen der Phaeophyceen liegen stets ausserhalb der Chromatophoren im umgebenden Protoplasma, allerdings fast stets in unmittelbarer Nähe des Randes derselben, niemals jedoch im Inneren dieser Chromatophoren selbst. Andere Einschlüsse aber sind bisher, so weit ich finden kann, noch nirgends für die Chromatophoren der Algen beschrieben worden, und ebensowenig habe ich selbst bisher andere als die zuvor beschriebenen Einschlüsse aufgefunden[1]. —

---

dung von Oeltropfen im Inneren lebender Chromatophoren noch nirgends mit Sicherheit nachgewiesen ist. Auch Briosi (Bot. Zeit. 1873 p. 529 ff.) hat bei den Musaceen nur in den abgestorbenen Chromatophoren Oeltropfen nachgewiesen und erwähnt für die lebenden Chromatophoren nichts von solchen Oeltropfen. Ich selbst habe ebenfalls in den lebenden Chromatophoren der Musaceen ganz vergebens nach Oeltropfen gesucht. Erst beim Absterben dieser Chromatophoren wird das Oel ausgeschieden und tritt in Gestalt kleinerer oder grösserer Tropfen hervor. — Auch bei *Cereus* und *Rhipsalis*, den Pflanzen, die seit längerer Zeit als Beispiele für die Bildung von Fetttropfen im Inneren der Chlorophyllkörper angeführt zu werden pflegen, konnte ich mich bisher nicht davon überzeugen, dass diese Tropfen wirklich im Inneren der Chromatophoren auftreten: die grösseren Fetttropfen sah ich bestimmt ausserhalb der Chlorophyllkörper im umgebenden Protoplasma eingeschlossen; bei den kleineren war nicht selten dasselbe der Fall, doch konnte ich hierüber nicht in allen Fällen Gewissheit erlangen.

1) Auch die Proteinkrystalle, die Schimper (Bot. Zeit. 1880 p. 891—892) jüngst in den Chromatophoren von *Canna* nachgewiesen hat, habe ich bisher in den Chromatophoren der Algen vergeblich gesucht.

XVI.

In der vorstehenden Darstellung ist wiederholt die Rede gewesen von der Analogie, welche die Chromatophoren mit den Zellkernen, resp. die Pyrenoide mit den Chromatinkörpern darbieten. Es sei hier zum Schlusse noch einmal im Zusammenhange auf diese Analogie hingewiesen.

Bei den verschiedenen Auffassungen vom Bau des Zellkernes, die in letzter Zeit in der botanischen Litteratur zum Ausdruck gekommen sind, ist es jedoch nothwendig, hier zunächst noch einmal in Kürze meine eigene Anschauung, die ich bei diesem Vergleiche zu Grunde zu legen denke, zu skizziren [1]).

Nach dieser Auffassung nämlich besteht der Zellkern aus einer Grundsubstanz von sehr feinnetziger Struktur, welcher Chromatinkörper verschiedener Gestalt eingelagert sind. Diese Chromatinkörper erscheinen zuweilen in Gestalt eines einzelnen kugelig abgerundeten Körpers, des sog. Nukleolus, zuweilen in Form von mehreren oder selbst zahlreichen derartigen Körpern von gleicher oder verschiedener Grösse und theils kugeliger, theils länglicher oder unregelmässig spindelförmiger Gestalt; zuweilen auch ist ein Theil der Chromatinkörper ausgebildet in Gestalt eines mehr oder minder reich verzweigten und sehr mannigfaltig gestalteten Gerüstwerks aus feinen Fasern, ein anderer Theil ist in Gestalt eines oder mehrerer Nukleolen zusammengeballt; zuweilen endlich ist die gesammte Menge der Chromatinkörper in ein derartiges Gerüstwerk umgeformt. In allen Fällen aber zeigen sich diese Chromatinkörper, die, wie es scheint, im Wesentlichen aus nukleinartigen Substanzen bestehen, einer Grundsubstanz eingebettet, welche in ihrer feinnetzigen Struktur und in ihren chemischen Reaktionen dem Protoplasma der Zelle sich sehr enge anreiht, anscheinend nur einen besonders ausgestalteten Theil dieses Protoplasmas darstellt.

---

1) Vgl. Sitzungsberichte der niederrhein. Ges. für Natur- und Heilkunde zu Bonn 1880 (Sitzung am 13. Juli) p. 171 ff. (p. 13 ff. des Sep.-Abdr.).

Während des Heranwachsens der Zellkerne nehmen die vorhandenen Chromatinkörper beträchtlich an Grösse zu und vermehren sich vielfach durch Theilung; daneben aber scheint auch noch in manchen Fällen eine Vermehrung vermittelst Neubildung stattzufinden. Schliesslich setzt die Theilung des ganzen Zellkerns der Vermehrung der Chromatinkörper ein Ziel.

Diese Theilung des Zellkerns aber erfolgt in den einfachsten Fällen in der Weise, dass die zusammengeballten Chromatinkörper oder Nukleolen sich theilen und darauf schneller oder langsamer eine Durchschnürung des ganzen Zellkerns nachfolgt (ältere Zellen von *Chara*, Schläuche von *Bryopsis*), ohne dass ein Theil der Grundsubstanz an das umgebende Protoplasma abgegeben würde. In anderen Fällen wird ein mittleres, von Chromatinkörpern entleertes Stück der Grundsubstanz bei der Theilung ausgegliedert und dem umgebenden Protoplasma hinzugefügt (*Codium*). In sehr vielen Fällen aber tritt eine Complication des ganzen Vorgangs dadurch ein, dass innerhalb der parallelfaserig differenzirten Grundsubstanz des alten Zellkerns, der nicht selten auch die bisherige Abgrenzung gegen das umgebende Protoplasma vollständig verloren geht, die Gesammtmenge der Chromatinkörper sehr mannigfaltige Umgestaltungen durchläuft, bevor sie sich in zwei Gruppen für die beiden Tochterkerne sondert, worauf dann um diese beiden Gruppen herum die nächst angrenzenden Abschnitte der parallelfaserig differenzirten Substanz zur Grundsubstanz der beiden neuen Zellkerne sich abgrenzen. —

Unter allen den verschiedenen Gestalten, welche der Zellkern im sog. ruhenden Stadium und zur Zeit der Zweitheilung aufweist, ist nun die einfachste Form diejenige eines gerundeten Körpers aus netziger Grundsubstanz mit einem einzelnen oder mehreren eingelagerten kugeligen Nukleolen und die einfachste Form der Theilung die Durchschnürung des ganzen, zuweilen fein parallelstreifig differenzirten Körpers nach vorhergehender Durchschnürung der Nukleolen (vgl. z. B. die Zellkerne älterer Zellen von *Nitella*). Dieser einfachsten Form des Zell-

kerns aber reihen sich direkt und unmittelbar zahlreiche Chromatophoren der Algen mit einem oder mehreren Pyrenoiden an.

Die Grundsubstanz dieser Chromatophoren zeigt dieselbe netzige Struktur wie die Grundsubstanz der Zellkerne und stimmt auch in ihren chemischen Reaktionen sehr nahe mit der Grundsubstanz der Zellkerne (und ebenso sehr nahe mit der Substanz des Protoplasmas selbst) überein. Die Pyrenoide aber zeigen, wie oben hervorgehoben ward, in ihren chemischen Reaktionen die grösste Analogie mit den Chromatinkörpern resp. den Nukleolen. Wie diese letzteren, so nehmen ferner auch die Pyrenoide während des Heranwachsens allmählich an Grösse zu und vermehren sich durch Theilung (mittelst Durchschnürung), theilweise auch durch Neubildung. Schliesslich aber voll zieht sich bei der Theilung des ganzen Chromatophors ebenfalls zunächst eine Theilung des Pyrenoids und darauf dann eine Theilung der Grundsubstanz vermittelst einfacher Durchschnürung oder durch Zerschneidung einer fein parallelstreifig differenzirten Mittelzone dieser Grundsubstanz. Nehmen wir endlich zu dieser Uebereinstimmung im ganzen Bau und in der Theilungsweise noch die weitere Thatsache hinzu, dass im Inneren der Pflanze sowohl Zellkerne, als auch Chromatophoren niemals durch Neubildung, stets nur durch Theilung vorhandener Zellkerne resp. Chromatophoren entstehen, so ergiebt sich für beiderlei Gebilde eine weitgehende morphologische Analogie.

Diese Analogie tritt ausserdem auch noch in mancherlei Einzelheiten hervor. So können sowohl Chromatophoren, als auch Zellkerne ihre Gestalt in mehr oder weniger ausgiebigem Maasse selbständig umformen; beide sind in gleicher Weise dem Protoplasma der Zellen eingelagert und stets allseitig von der Substanz desselben umhüllt; beide zeigen vielfach Uebereinstimmung der ganzen äusseren Gestalt von den kugelig gerundeten Formen an bis zu den bandförmig abgeflachten und mannigfaltig gelappten und getheilten Gestalten hin, wenn auch in dieser Variabilität der äusseren Gestalt die Chromatophoren den Zellkernen etwas überlegen sind; beide können

endlich in gewissen Fällen zu zweien oder mehreren mit einander verschmelzen; u. s. w.

Dieser weitgehenden morphologischen Analogie der bisher besprochenen Formen von Zellkernen und Chromatophoren stehen jedoch nicht unwesentliche Verschiedenheiten anderer Formen gegenüber. Auf Seite der Zellkerne sind es namentlich die complicirten Formen der Zellkern-Theilung, für welche unter den Chromatophoren bisher noch keine vollständigen Analogieen aufgefunden worden sind, da sich hier, soweit bekannt, die Pyrenoide stets einzeln durch einfache Durchschnürung ohne besondere Umformungen der Gestalt vermehren. Andererseits reihen sich den Chromatophoren mit Pyrenoiden zahlreiche Chromatophoren an, die derartiger Einschlusskörper vollständig entbehren; ja selbst bei den Algen, geschweige denn bei den Archegoniaten und Phanerogamen, dürfte die Mehrzahl aller Chromatophoren zu dieser letzteren Zahl gehören. Infolgedessen zeigen die complicirteren Formen der Zellkerne und die pyrenoidfreien Chromatophoren in der That durchaus nicht so zahlreiche übereinstimmende morphologische Merkmale, als dies bei den erstbesprochenen Chromatophoren und Zellkernen der Fall ist. Allein bei genauerem Vergleiche stellt sich doch heraus, dass diese extremen Fälle durch eine lange Reihe von Uebergängen mit den erstbesprochenen Formen zusammenhängen, und diese bieten, wie gesagt, unter einander eine grosse morphologische Analogie dar, eine Analogie, die so gross ist, als dies bei den differenten physiologischen Funktionen der beiderlei Gebilde nur irgend möglich ist.

So dürfte es denn wohl als ein keineswegs allzu gewagtes Unternehmen erscheinen, die beiden Reihen der Zellkerne und der Chromatophoren neben einander zu stellen als zwei Reihen, die von einem gemeinsamen Anfangspunkt ihren Ausgang nehmen, und somit Zellkerne und Chromatophoren als analoge Organe des Protoplasmas aufzufassen, die nur infolge ihrer Anpassung an verschiedene biologische Aufgaben und physiologische Verrichtungen eine verschiedene Ausgestaltung im Einzelnen erfahren haben. Die gesammte vergleichende morphologische Betrachtung von

Zellkernen und Chromatophoren scheint mir entschieden zu dieser Zusammenstellung hinzudrängen.

Diese Parallelisirung von Zellkernen und Chromatophoren hat nun für die Untersuchung zahlreiche neue Probleme zur Folge und weist dieselbe auf eine Reihe neuer Fragen hin. Es fragt sich eben nun fort und fort bei jedem einzelnen Vorgang in der Entwicklung von Zellkernen und Chromatophoren, ob dieser Vorgang bei beiderlei Organen des Protoplasmas stattfinde oder nur dem einen von beiden eigenthümlich sei. So fragt es sich z. B., ob in der That der Mehrzahl der Chromatophoren die Pyrenoide wirklich fehlen, während doch Chromatinkörper bei allen Zellkernen vorhanden sind; ob nicht dennoch trotz des entgegengesetzten Resultates der bisherigen Untersuchungen auch die Chromatophoren der Florideen und Phaeophyceen (und ebenso diejenigen der Archegoniaten und Phanerogamen) Pyrenoide in irgend welcher feineren Vertheilung, ähnlich den Chromatinkörpern vieler nukleolenfreien Zellkerne, enthalten. Ebenso fragt es sich, ob nicht fortgesetzte Untersuchungen doch noch Fälle ausfindig machen, in denen die Theilung der Chromatophoren (mit Pyrenoiden) der indirekten Theilung der Zellkerne unmittelbar sich anreiht; u. s. w.

Manche derartige Fragen dürften vor der Hand zu keinem besonderen Resultate hinführen. Bei anderen wird sich das Resultat der Untersuchung günstiger herausstellen; und so sind auch für mehrere derselben die gewonnenen Ergebnisse in der obigen Darstellung bereits verwerthet worden. Ja ich selbst bin erst durch den Vergleich der Chromatophoren mit den Zellkernen zu der genaueren Prüfung der Frage, ob denn überhaupt Chromatophoren durch Neubildung entstehen, angeregt worden.

Die beiden Organe des Protoplasmas, die ihrer morphologischen Uebereinstimmung halber in dieser Weise als analoge Gebilde neben einander gestellt worden sind, zeigen sich nun sehr heterogenen Funktionen angepasst. Bei dieser Verschiedenheit der Funktionen ist es daher leicht

verständlich, dass die morphologische Differenzirung in entsprechender Weise sehr verschiedene Richtungen eingeschlagen und schliesslich zu ziemlich verschiedenartigen Gestalten (z. B. den chromatinreichen Zellkernen und den pyrenoidfreien Chlorophoren der Phanerogamen) hingeführt hat. Allein die Anfangsglieder beider Reihen zeigen doch, wie soeben hervorgehoben ward, eine sehr weitgehende Uebereinstimmung der morphologischen Ausbildung.

Das legt nun die Frage nahe, ob nicht zwischen beiderlei Gebilden, namentlich zwischen den Anfangsgliedern beider Reihen, noch ein viel engerer Zusammenhang bestehe als die Uebereinstimmung der Eigenschaft, analoge Organe des Protoplasmas darzustellen. Es fragt sich, ob nicht zuweilen ein Glied der einen Reihe unter Aufgabe der ererbten Funktion der anderen Reihe sich anschliessen und deren Verrichtungen übernehmen kann, ob nicht zuweilen Zellkerne zu Chromatophoren, resp. Chromatophoren zu Zellkernen werden können oder, da ja auch sonst ein Wechsel der ererbten Funktionen nur bei jugendlichen Organen einzutreten pflegt, ob Theilstücke der Zellkerne zu Chromatophoren, resp. Theilstücke der Chromatophoren zu Zellkernen sich ausbilden können. Es fragt sich auch, ob nicht zuweilen ein und dasselbe Organ die beiderlei Funktionen gleichzeitig versehen kann. Mancherlei ältere Angaben der Litteratur [1]) möchten wohl darauf hinweisen, dass derartige Vorgänge in einzelnen Fällen wirklich stattfinden, dass z. B. in Meristemzellen die Zellkerne zahlreiche kleine Chromatophoren an ihrer Aussenfläche ausbilden [2]). Allein die neueren Untersuchungen haben bisher keine derartigen Angaben bestätigt, und ich

---

1) Dahin gehört auch die öfters, selbst bis in die neueste Zeit hinein, aufgestellte Behauptung, dass im Inneren der Zellkerne Stärkekörner ausgebildet würden. Ich selbst habe mich vielfach bemüht, solche Zellkerne ausfindig zu machen; allein bisher ist es mir noch in keinem einzigen Falle gelungen, die betreffenden Angaben der Litteratur zu bestätigen. Es dürfte sich daher bei diesen Angaben wohl allgemein um Irrthümer handeln.

2) Vgl. Gris, Recherches micr. sur la chlorophylle (Ann. sciences nat. 4 sér. T. 7. p. 179 ff.).

selbst habe bei meinen Beobachtungen der Chromatophoren und Zellkerne der Algen bisher weder einen Fall aufzufinden vermocht, in welchem Zellkerne und Chromatophoren aus einander hervorgingen, noch einen Fall, dass ein und dasselbe Organ beiderlei Funktionen zugleich verrichtet hätte, Zellkern und Chromatophor zugleich dargestellt hätte. In allen untersuchten Fällen zeigten sich vielmehr die beiden Organe vollständig gesondert, die beiderlei Funktionen so völlig geschieden, dass ein Organ, das der einen Funktion angepasst war, für die andere vollständig unbrauchbar erschien. —

Während so die beiderlei Organe thatsächlich niemals die Funktionen vertauschen oder auch nur die entgegengesetzte Funktion zu der eigenen hinzu übernehmen, können jedoch beiderlei Funktionen vom Protoplasma selbst unter Verlust der betreffenden spezifischen Organe übernommen werden. Dies geschieht jedoch bei den Thallophyten in Wirklichkeit nur gleichzeitig bei beiderlei Organen. Eine Zelle, deren Protoplasma die Funktionen der Chromatophoren verrichtete, während der Zellkern selbständig ausgestaltet wäre, ist bisher bei Thallophyten ebensowenig bekannt geworden, wie eine Zelle mit Chromatophoren ohne Zellkern. Dagegen liegen Zellen, deren Protoplasma neben der eigenen Funktion gleichzeitig die Funktionen der Chromatophoren und Zellkerne ausübt, in grosser Zahl in den Zellen der Phycochromaceen vor [1]). —

---

1) Nachtr. Anm. Während des Druckes der vorliegenden Abhandlung bin ich in der Lage, meinen obigen Angaben (p. 9. Anm. 1) über *Phragmonema sordidum* Zopf noch einige Bemerkungen hinzuzufügen auf Grund eigener Untersuchung lebender Exemplare dieser Alge, die ich durch freundliche Vermittlung des H. Prof. Eichler aus dem botanischen Garten zu Berlin erhalten habe.

Diese Untersuchung bestätigte durchaus das (von Zopf beschriebene) Vorhandensein geformter Chromatophoren in den Zellen von *Phragmonema*. Diese Chromatophoren finden sich hier in wandständiger Schicht als flache, matt olivengrün bis -braun gefärbte Scheiben zuweilen von rundlichem Umriss, meist bandartig gestreckt und mannigfaltig geschlängelt oder verzweigt. Ausserdem aber enthält jede Zelle inmitten des bald grobschaumigen, bald engmaschigen Protoplasmas einen einzelnen (an der lebenden Zelle meist deutlich

Endlich dürfte hier auch noch die Frage eine kurze Berührung erfordern, ob nicht irgendwo in einer Zelle die beiderlei Organe des Protoplasmas, Chromatophoren und Zellkerne, unvollständig ausgegliedert sind, ebenso wie ja auch sonst in der organischen Natur vielfach Organe eines Körpers nur unvollständig ausgegliedert sich finden. Es wäre ja denkbar, dass in irgend einem Falle ein Zellkern oder ein Chromatophor unvollständig vom Protoplasma der Zelle abgegrenzt und ausgesondert wäre, indem seine

---

sichtbaren) Zellkern, der bald genau in der Mitte der ganzen Zelle gelagert ist, bald mehr oder weniger einer der beiden Querwände sich nähert.

Dieses Vorhandensein eines Zellkerns (wovon Zopf auch in seinen neueren Mittheilungen über *Phragmonema sordidum* [Sitzb. d. bot. Vereins d. Prov. Brandenburg. 1882 Sitz. v. 30. Juni. p. 3—4 d. Sep.-Abdr., Zur Morphologie der Spaltpflanzen. p. 49—51.] nirgends etwas erwähnt) und geformter Chromatophoren unterscheidet die Zellen von *Phragmonema* wesentlich von allen übrigen genauer untersuchten Phycochromaceen. Dazu aber kommt, dass die ganze Wachsthumsweise der Zellfäden und die Ausbildung der Zellmembranen von *Phragmonema* von den entsprechenden Bildungen der bisher bekannten Sirosiphoneen und Scytonemeen wesentlich abweichen und auch mit den verschiedenen Formen der Nostocaceen nur sehr geringe Aehnlichkeit aufweisen. Dagegen zeigen die Fäden von *Phragmonema* in beiderlei Beziehung sehr grosse Aehnlichkeit mit manchen fadenförmigen Chlorophyceen (*Ulothrix*, *Schizogonium*, *Bangia* u. s. w.). Die Zertheilung einzelner Fadenzellen in zahlreiche unbewegliche Keimzellen aber findet nicht nur bei Phycochromaceen ihre Analogieen, sondern wird ebenso auch bei einer Reihe von Chlorophyceen (*Bangia*, *Prasiola*. *Schizogonium*) beobachtet. Es bleibt somit als Grund für eine Vereinigung von *Phragmonema* mit den Phycochromaceen eigentlich nur die olivengrüne bis bräunliche Farbe der Zellen übrig, alle morphologischen Momente sprechen vielmehr gegen eine solche Vereinigung.

Ich vermag deshalb meinerseits *Phragmonema sordidum* Zopf nicht als Phycochromacee anzuerkennen, sondern glaube, diese Alge an die Seite der Bangiaceen (*Bangia*, *Goniotrichum* u. s. w.) und Schizogoneen (*Schizogonium*, *Prasiola* u. s. w.) zu den Chlorophyceen stellen zu müssen. Damit aber fallen dann auch die Schwierigkeiten, welche diese Alge der Allgemeingültigkeit der oben (p. 9) ausgesprochenen Sätze über die Zellstruktur der Phycochromaceen entgegenstellte, vollständig hinweg.

Grundsubstanz ohne scharfe Grenze in das umgebende Protoplasma überginge [1]). Bei Zellkernen ist ein solcher Fall bisher noch nicht constatirt worden. Ebensowenig aber habe ich bisher für Chromatophoren unter den Algen und ebensowenig unter Archegoniaten und Phanerogamen einen Fall aufzufinden vermocht, in dem das Chromatophor nicht als selbständiges Organ selbständig ausgegliedert gewesen wäre; und so muss ich bisher an dem schon oben betonten Satze festhalten, dass, wenigstens unter den Algen, unvollständig ausgegliederte Chromatophoren nicht existiren. —

Die vorstehende Schilderung der Chromatophoren der Algen beruht auf einer längeren Reihe von Untersuchungen über die Organisation der Algenzellen, womit ich im Laufe der letzten Jahre beschäftigt gewesen bin. Die wichtigsten der mitgetheilten Resultate betreffs der Struktur und der Entstehung der Chromatophoren waren bereits vor zwei Jahren während eines Aufenthaltes an der Zoologischen Station zu Neapel für eine Anzahl von Algen festgestellt worden. Naturgemäss schloss sich daran sogleich die Frage an, inwieweit die gewonnenen Resultate nur auf einige Algengruppen beschränkt oder von allgemeiner Gültigkeit für alle Pflanzen seien. Vor allem frug es sich, ob allgemein allen Pflanzen ausschliesslich geformte Chromatophoren zukommen, und ob allgemein eine Vermehrung dieser Chromatophoren ausschliesslich durch Theilung, niemals durch Neubildung stattfände, eine Annahme, der die zahlreich vorliegenden Angaben der Litteratur direkt entgegenliefen.

Zur Beantwortung dieser Fragen ward eine Reihe von Beobachtungen an Phanerogamen unternommen, welche

---

1) In solcher Weise könnte man sich etwa das sog. „formlose Chlorophyll" vorstellen als ein Chromatophor, dessen gefärbte Grundsubstanz ohne scharfe Abgrenzung hinsichtlich der Färbung und der Struktur ganz allmählich in das umgebende hyaline und weniger dichte Protoplasma übergeht.

zu Ergebnissen führten, die mit den zuvor gewonnenen Resultaten durchaus in Uebereinstimmung waren. Allein es zeigte sich bald, dass diese Untersuchungen wegen der Schwierigkeit, bei Phanerogamen und Archegoniaten in den Zellen des Meristems und der Sexualorgane die Chromatophoren deutlich zu unterscheiden, längere Zeit in Anspruch nehmen würden, und so beschränkte ich mich bald auf die vergleichende Untersuchung der Algen, um zunächst wenigstens bei dieser einen Abtheilung des Pflanzensystems die allgemeine Gültigkeit der gewonnenen Sätze festzustellen. Auch hier stellten sich mancherlei Hindernisse diesem erstrebten Ziele in den Weg, und namentlich verursachten die Characeen durch die Schwierigkeit, die Chromatophoren in den Scheitelzellen und Sexualzellen deutlich sichtbar zu machen, eine längere Verzögerung. Schliesslich aber gelang es, auch für diese Algengruppe die Gültigkeit der Resultate, die ich bei den übrigen Algen erzielt hatte, nachzuweisen.

Die vorstehende Darstellung der gewonnenen Resultate beschränkt sich nun ausschliesslich auf die Algen und geht auf die Frage, inwieweit dieselben Verhältnisse auch bei den Archegoniaten und Phanerogamen obwalten, gar nicht ein. Eine Beantwortung dieser Frage mag weiteren Beobachtungen überlassen bleiben. Allein der Umstand, dass diese Resultate im Vorstehenden als allgemeingültig für eine der drei grossen Hauptabtheilungen des Pflanzenreiches nachgewiesen werden konnten, macht es sehr wahrscheinlich, dass denselben auch bei den beiden anderen Abtheilungen der Archegoniaten und Phanerogamen Gültigkeit zukommen möchte.

Bonn, im Juli 1882.

Erklärung der Abbildungen.

Der leichteren Uebersicht wegen sind in allen Figuren die Chromatophoren gleichmässig hell, die Pyrenoide (ebenso wie die Nukleolen der Zellkerne) dunkel getont, mochte nun die Zeichnung einem gehärteten und gefärbten Präparate oder einer lebenden Zelle entnommen sein.

Fig. 1. *Licmophora flabellata.* (Pikrinsäure-Hämatoxylin-Präparat.) Zelle mit den beiden Chromatophoren, von der Schalenseite aus gesehen; jedes Chromatophor mit Pyrenoid innerhalb des Mittelstückes; zwischen beiden Chromatophoren die mittlere Protoplasmaanhäufung mit dem Zellkerne. — Vergr. 200.

Fig. 2. Dsgl. Zelle von der Gürtelbandseite aus gesehen. — 200.

Fig. 3. *Mesocarpus scalaris.* (Lebende Zelle.) Isolirtes Chromatophor mit mehreren Amylumheerden; in der Mitte der Zellkern, der von unten durchschimmert; über die Fläche des Chromatophors zerstreut eine Anzahl kleiner heller Tropfen verschiedener Grösse, welche der dünnen Protoplasmaschicht, die das Chromatophor einhüllt, eingelagert sind. Die Stärkehüllen der Amylumheerde sind erst eben angelegt in Gestalt zahlreicher kleiner Stärkekörnchen. — 800.

Fig. 4. *Spirogyra* sp. (Pikr.-Häm.-Präp.) Chlorophyllband unregelmässig gelappt. Amylumheerde mit eben angelegter Stärkehülle aus zahlreichen kleinen Körnchen; Pyrenoide derselben ein wenig contrahirt, wodurch die gegenseitige Lagerung der einzelnen Theile der Amylumheerde um so deutlicher hervortritt; zwei Amylumheerde im Beginne der Zweitheilung. — 800.

Fig. 5. *Oedogonium* sp. (Pikr.-Häm.-Präp.) Chromatophor in zahlreiche zusammenhängende, längslaufende Bänder zerspalten; diese Bänder schliessen mehrere Amylumheerde und zahlreiche einzelne Stärkekörnchen ein. Stärkehülle der Amylumheerde aus grösseren, getrennten Stärkekörnchen; Pyrenoide ein wenig contrahirt. Zellkern in der Mitte der Zelle dem wandständigen Chromatophor auf der Innenseite angelagert. — 800.

Fig. 6. *Oedogonium* sp. (Pikr.-Häm.-Präp.) Chromatophor vom Rande her zerspalten, mit einzelnem mittleren Amylumheerd und zahlreichen einzelnen Stärkekörnchen. Neben dem Amylumheerd liegt auf der Innenseite des Chromato-

phors der Zellkern, der in der Figur durchschimmert. — 800.

Fig. 7. *Cladophora arcta.* (Pikr.-Häm.-Präp.) Halbe Zelle mit unregelmässig durchbrochener, wandständiger Chlorophyllplatte; diese schliesst zahlreiche Amylumheerde ein. Auf der Innenseite der Chlorophyllplatte sind zahlreiche Zellkerne vertheilt. Stärkehülle der Amylumheerde hohlkugelig geschlossen, im optischen Durchschnitt mehr oder weniger deutlich gekörnt. — 800.

Fig. 8. *Achnanthes longipes.* (Osmiumsäure-Glycerin-Präparat.) Zelle in der Gürtelband-Ansicht. Plasma ein wenig contrahirt. Wandständige, scheibenförmige Chromatophoren mit einzelnen Pyrenoiden. — 800.

Fig. 9. Dsgl. Isolirte Chromatophoren. Theilung der Pyrenoide. Die Ziffern geben die Reihenfolge der Theilungsstadien an. — 800.

Fig. 10. *Achnanthes subsessilis.* (Osm.-Glyc.-Präp.) Zelle in Gürtelband-Ansicht mit den beiden Chromatophoren. — 800.

Fig. 11. *Helminthocladia purpurea.* (Lebende Zelle.) Rindenzelle des cylindrischen Thallus in Oberflächen-Ansicht. — 800.

Fig. 12. Dsgl. Dieselbe Zelle im optischen Längsschnitt. Um das Mittelstück des sternförmigen Chromatophors sind zahlreiche Stärkekörner zu hohlkugeliger Schicht gruppirt. Dicht neben dem Chromatophor liegt der Zellkern innerhalb des umgebenden Protoplasmas. Vom Grunde der Zelle laufen einzelne Protoplasmafäden aus und setzen in halber Höhe der Zelle an die wandständige Protoplasmaschicht an. — 800.

Fig. 13. *Draparnaldia glomerata.* (Pikr.-Häm.-Präp.) Stammzelle eines jüngeren Stämmchens. Chromatophor ringförmig mit unregelmässig gelapptem Rande, von zahlreichen kleinen Lücken und Reihen kleiner Löcher durchbrochen, im Beginn der Ausbildung zu der gitterförmig durchbrochenen Gestalt älterer Stammzellen. Mehrere Amylumheerde verschiedener Grösse dem Chromatophor eingelagert. Zellkern der Innenseite des Chromatophors angelagert, in der Figur durchschimmernd. Von den Zacken des Randes des Chromatophors verlaufen derbere Protoplasma-Fibrillen (in der Figur durch die punktirten Linien angedeutet) nach dem Rande der Querwände der Zellen hin. — 800.

Fig. 14. *Draparnaldia glomerata* (Pikr.-Häm.-Präp.) Jüngere Astzelle. Chromatophor eine wandständige Platte, welche die ganze cylindrische Aussenfläche der Zelle bedeckt, mit 2 Amylumheerden. Zellkern diesem Chromatophor auf der Innenseite angelagert. Die Figur zeigt den Zellkern

der Oberseite der cylindrischen Zelle angelagert, die beiden Amylumheerde an den beiden Seitenwänden. — 800.

Fig. 15. *Valonia macrophysa.* (Pikr.-Häm.-Präp.) Abschnitt der wandständigen Chlorophyllschicht. Scheibenförmige Chromatophoren mit feingezähnten Kanten, durch kürzere oder längere Protoplasma-Fikrillen verbunden. Einzelne Chromatophoren mit Amylumheerden, deren Stärkehüllen geschlossene, hohlkugelige Schichten ohne deutliche Körnelung des optischen Durchschnitts darstellen. Pyrenoide der Amylumheerde zum Theil ein wenig contrahirt. — 800.

Fig. 16. *Nemalion multifidum.* (Lebende Zelle.) Zelle aus dem Rindengewebe des cylindrischen Thallus. Neben dem kugeligen Mittelstück des sternförmigen Chromatophors ist der Zellkern sichtbar. — 800.

Fig. 17. *Podosira Montagnei.* (Pikr.-Häm.-Präp.) Scheibenförmige, gelappte, wandständige Chromatophoren ohne Pyrenoide. — 800.

Fig. 18. *Urospora mirabilis.* (Lebende Zelle.) Einzelne Fadenzelle in Oberflächen-Ansicht. Scheibenförmige Chromatophoren mit nackten Pyrenoiden, hie und da durch Protoplasma-Fibrillen verbunden. Vakuolen im Protoplasma zwischen den Chromatophoren. Zellkerne in der Figur nicht sichtbar. — 400.

Fig. 19. *Euglena viridis.* (Lebende Zelle.) Zelle, welche sich in der Längsrichtung stark contrahirt hat, im optischen Längsschnitt. Sternförmiges Chromatophor mit zahlreichen Paramylonkörnchen rings um das Mittelstück (das bei verschiedenen Individuen sehr verschieden dick zu sein pflegt) und längs der Fortsätze desselben. Am Vorderende des Körpers ragt die Geissel aus dem röhrenförmigen „Schlunde" hervor, daneben der rothe „Augenpunkt"; im Hinterende des Körpers ist der Zellkern eingelagert. Das Pyrenoid ist an lebenden Zellen nur äusserst selten deutlich zu erkennen. — 800.

Fig. 20. *Euglena oxyuris.* (Jodwasser-Häm.-Präp.) Zelle fast vollständig ausgereckt, im optischen Längsschnitt. In der Mitte der Zellkern n; in der hinteren Zellhälfte ein sternförmiges Chromatophor a mit kugeligem Pyrenoid; in der vorderen Zellhälfte ein Chromatophor b im Beginn der Zweitheilung, das Pyrenoid längsgedehnt, in der Mitte bereits eingeschnürt; Paramylonkörper grösstentheils rings um die Mittelstücke der Chromatophoren angehäuft; d die kugelige Vakuole („Leibeshöhle"); o der „rothe Augenpunkt"; e der „Schlund", aus welchem das unterste Stück der Geissel hervorragt.

Fig. 21. *Bryopsis plumosa.* (Pikr.-Häm.-Präp.) Isolirte scheibenförmige Chromatophoren in Theilung. — 800.

Fig. 22. *Hyalotheca mucosa.* (Pikr.-Häm.-Präp.) Isolirte Zellen oder isolirte Chromatophoren mit verschiedenen Theilungsstadien der Amylumheerde. Zellplasma und Chromatophoren durch die Einwirkung der Pikrinsäure etwas contrahirt, Pyrenoide ebenfalls etwas contrahirt. — 1. Isolirtes Chromatophor; Stärkehülle des Amylumheerdes sehr grobkörnig. — 2. Chromatophor im Beginn der Theilung, indem die Fortsätze desselben vom Rande her sich zu spalten beginnen; Beginn der Theilung des Pyrenoids. 3.—5. Nächstfolgendes Theilungsstadium der Amylumheerde, die Theilung des Pyrenoids bereits vollendet: 3. vollständiges Chromatophor mit sehr kleinkörniger Stärkehülle des Amylumheerdes; 4. Mittelstück des Chromatophors mit dem Amylumheerd, Stärkehülle aus grösseren Stärkekörnchen; 5. dsgl., Stärkehülle sehr grobkörnig. — 6.—8. Theilung des Chromatophors vollendet, die halbkugeligen Hälften der grobkörnigen Stärkehüllen werden durch Neubildung von Stärkekörnchen ergänzt. — 800.

Fig. 23. *Porphyridium cruentum.* (Lebende Zelle.) Zelle im optischen Durchschnitt. Das sternförmige Chromatophor mit kugeligem Pyrenoid. In dem grösseren Ausschnitt des Chromatophors liegt der Zellkern; in den Zwischenräumen der kurzen dicken Fortsätze des Chromatophors sind einzelne kleine, glänzende Tröpfchen dem Protoplasma eingelagert. — 1400.

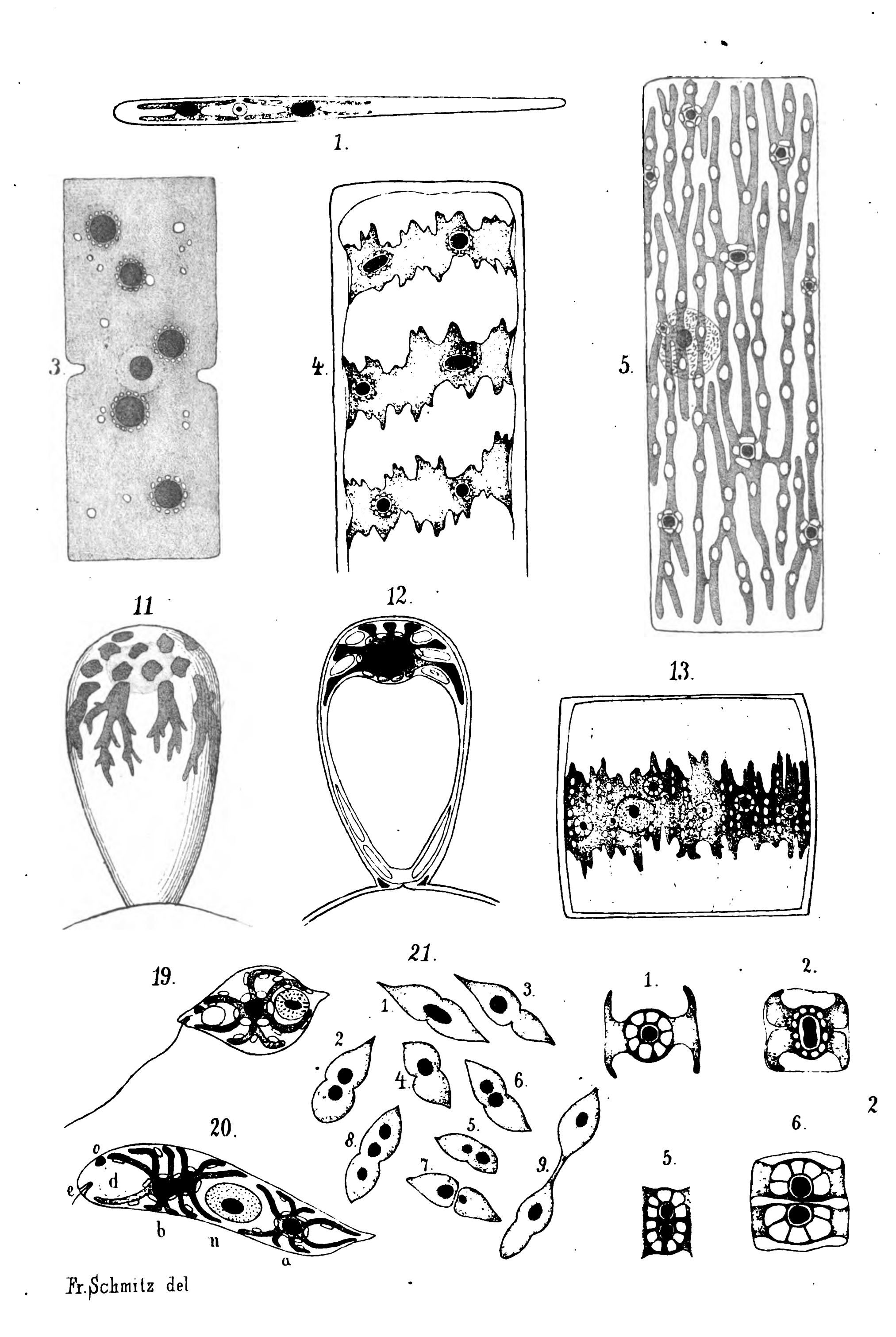
Fig. 24. *Batrachospermum moniliforme.* (Lebende Zelle.) Zelle eines Astes der Quirlzweige in Oberflächen-Ansicht. Chromatophoren scheibenförmig, von ungleicher Gestalt und Grösse. — 1400.

Fig. 25. Dsgl. im optischen Längsschnitt. Protoplasma mit zahlreichen Körnchen von Florideenstärke. — 1400.

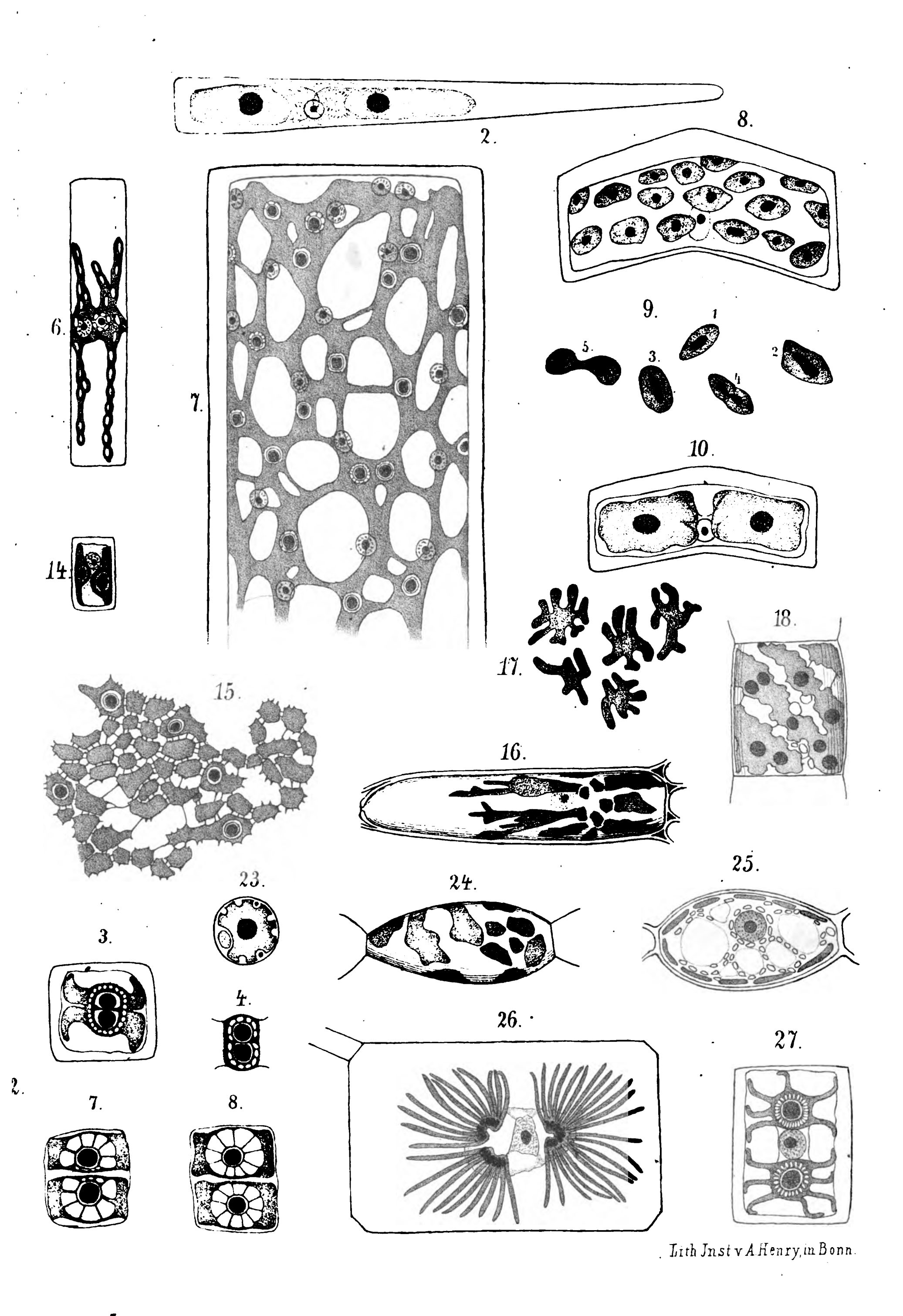
Fig. 26. *Striatella unipunctata.* (Pikr.-Häm.-Präp.) Mittlere Plasmamasse mit dem Zellkern und den beiden halbsternförmigen Chromatophoren, von denen eines sich getheilt hat. Zahlreiche Pyrenoide in den Mittelstücken der Chromatophoren zusammengedrängt. — 400.

Fig. 27. *Zygnema* sp. (Pikr.-Häm.-Präp.) Zelle mit den beiden sternförmigen Chromatophoren im optischen Längsschnitt. Stärkehüllen der Amylumheerde aus zahlreichen, sehr kleinen Stärkekörnchen. Pyrenoide contrahirt. — 800.

Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.



1.
3.
4.
5.
11
12.
13.
19.
21.
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
1.
2.
5.
6.
2
20.
o
d
e
b
n
a
Fr. Schmitz del



Lith Jnst v A Henry, in Bonn.


UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 05729 6066

